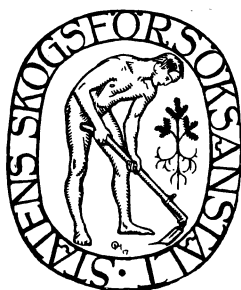


# STUDIER ÖVER LJUSETS BETYDELSE FÖR FÖRYNGRINGENS HÖJDTILLVÄXT PÅ NORRLÄNDSKA TALLHEDAR

*ON THE INFLUENCE OF LIGHT ON THE HEIGHT-GROWTH OF PINE PLANTS ON PINE-  
HEATHS IN NORRLAND*

AV

ERIK BJÖRKMAN



---

MEDDELANDEN FRÅN STATENS SKOGSFÖRSÖKSANSTALT  
HÄFTE 34 · Nr 10

---

Centraltr., Esselte, Sthlm 1945

541723

MEDDELANDEN

FRÅN

STATENS  
SKOGSFÖRSÖKSANSTALT

HÄFTE 34. 1944—45

MITTEILUNGEN AUS DER  
FORSTLICHEN VERSUCHS-  
ANSTALT SCHWEDENS

**34. HEFT**

REPORTS OF THE SWEDISH  
INSTITUTE OF EXPERIMENTAL  
FORESTRY

**Nº. 34**

BULLETIN DE L'INSTITUT D'EXPÉRIMENTATION  
FORESTIÈRE DE SUÈDE

**Nº 34**



PROFESSOR MANFRED NÄSLUND

## INNEHÅLL:

	Sid.
FORSSLUND, KARL-HERMAN: Studier över det lägre djurlivet i nord-svensk skogsmark.....	1
Studien über die Tierwelt des nordschwedischen Waldbodens.....	265
NÄSLUND, MANFRED: Antalet provträd och kubikmassans noggrannhet vid stamräkning av skog .....	285
The Number of Sample Trees and the Accuracy of the Cubic Volume in Forest Estimation by Stem Accounting .....	307
PETRINI, SVEN: Tre försöksytor i aspskog .....	309
Three Sample Plots in Aspen Woods .....	325
PETRINI, SVEN: Om granrötans inverkan på avverkningens rotvärde .....	327
Über den Einfluss der Wurzelfäule der Fichte auf den Abtriebs-ertrag.....	340
FORSSLUND, KARL-HERMAN: Sammanfattande översikt över vid mark-faunaundersökningar i Västerbotten påträffade djurformer... ..	341
Zusammenfassende Übersicht über bei Waldbodenfaunauntersuchungen in Västerbotten (Nordschweden) angetroffene Tiere .....	363
FORSSLUND, KARL-HERMAN: Något om röda tallstekelns ( <i>Diprion sertifer Geoffr.</i> ) skadegörelse .....	365
Einiges über die Schädigungen der roten Kiefernbuschhornblattwespe ( <i>Diprion sertifer Geoffr.</i> ) .....	389
RENNERFELT, ERIK: Inverkan av tallkärnvedens fenolsubstanter på några blåytesvampars tillväxt jämte ett försök till kvantitativ mätning av blånadens intensitet .....	391
The Influence of the Pinosylvine Compounds on the Growth of Certain Blueing Fungi, with an Attempt at the Measurement of the Intensity of Blueing .....	413
Redogörelser för verksamheten vid statens skogsförsöksanstalt under åren 1941—1944 (Berichte über die Tätigkeit der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens in den Jahren 1941—1944; Reports on the Work of the Swedish Institute of Experimental Forestry in 1941—1944) .....	417

	Sid.
WIKSTEN, ÅKE: Metodik vid mätning av årsringens vårved och höstved .....	45 <sup>I</sup>
A Method of Measuring Spring Wood and Summer Wood in the Annual Ring .....	493
BJÖRKMAN, ERIK: Studier över ljusets betydelse för föryngringens höjdtillväxt på norrländska tallhedar.....	497
On the Influence of Light on the Height Growth of Pine Plants on Pine-Heaths in Norrland .....	54 <sup>I</sup>
ROMELL, LARS-GUNNAR och MALMSTRÖM, CARL: Henrik Hesselmans tallhedsförsök åren 1922—42... ..	543
The Ecology of Lichen-Pine Forest Experiments (1922—42) by the late Dr H. Hesselman .....	616

---



## STUDIER ÖVER LJUSETS BETYDELSE FÖR FÖRYNGRINGENS HÖJDTILLVÄXT PÅ NORRLÄNDSKA TALLHEDAR.

Föryngringen av de norrländska tallhedarna har flera särdrag att uppvisa. Till skillnad mot t. ex. i granskogar med mer eller mindre tjockt moss-  
täckte kunna fröna på tallhedarna med deras relativt glesa lavvegetation lätt nå mineraljorden och gro vid tillräcklig fuktighet. Det utmärkande för tallhedarna är därför i allmänhet också den utomordentligt rika förekomsten av småplantor. Dessa småplantor gå dock i mycket stor utsträckning ut redan efter ett eller ett par år, eller också föra de en synnerligen tynande tillvaro och kunna bli mycket gamla utan att nå mer än några decimeters höjd. Föryngringsproblemet på de norrländska tallhedarna består därför vanligen i att få de undertryckta plantorna att utvecklas vidare. Genom upptagande av kalhyggen är detta i allmänhet möjligt, men i mindre luckor, i beståndskanter och under kvarlämnade fröträd blir i regel föryngringen på hedarna mycket ojämn och otillfredsställande. Orsakerna härtill äro säkerligen flera, ehuru man på grund av tallhedarnas i stort sett likartade karaktär torde ha anledning förmoda, att åtminstone den viktigaste orsaken överallt är en och densamma. De huvudfaktorer, som a priori kunna tänkas ha en avgörande och mera generell betydelse för tallhedarnas föryngring äro följande:

- 1) ljusförhållandena
  - 2) markfuktigheten
  - 3) näringstillgången
  - 4) luft- och marktemperaturen
  - 5) snö- och skaretryck
  - 6) skador genom parasitsvampar och insekter
  - 7) betesskador, särskilt genom renar.
- } och i samband härmed den s. k. rotkonkurrensen

Dessa problem studerades i Sverige först av HESSELMAN (1910, 1917), vars undersökningar kunna sägas ligga till grund för vår uppfattning om de norr-

ländska tallhedarna. HESSELMAN kom till det resultatet, att tallhedarnas föryngringsproblem i främsta rummet är en kvävefråga. Olikheter med avseende på ljusintensitet, vattentillgång, skaretryck, parasitsvampar eller renbetning kunde icke förklara plantornas fördelning och utseende på hedarna. År 1924 igångsatte HESSELMAN på några tallhedar i Degerfors socken i Västerbotten en serie rotisoleringsförsök, vilka nu pågått i 20 års tid och vilkas resultat posthumt framläggas i föreliggande häfte av skogsförsöksanstaltens meddelanden (ROMELL & MALMSTRÖM 1945). I likhet med i synnerhet amerikanska och finska forskare kunde HESSELMAN genom dessa försök påvisa den s. k. rotkonkurrensens stora betydelse för tallhedarnas föryngring men tillskrev även ljusfaktorn stor roll i sammanhanget (HESSELMAN 1939 b, sid. 120). Genom omfattande undersökningar särskilt av WRETLIND (1931, 1934) har under senare år kunskapen om dessa frågor i hög grad vidgats, men ännu återstå flera ouppklarade problem beträffande tallhedarnas föryngringsvillkor. Både ur teoretisk och praktisk synpunkt är det av stor betydelse att känna de olika faktorernas roll för den slutliga föryngringsbilden. Endast härigenom torde man ha rätt och möjlighet att tillämpa ett resultat från en trakt på förhållandena i en annan trakt.

Förf. har under de senaste 8 åren utfört vissa försök på tallhedar i Västerbotten i avsikt att söka utreda olika faktorerers betydelse för föryngringen. Det är emellertid ännu för tidigt att ge en mera detaljerad framställning av dessa undersökningar, då de böra fortgå ännu några år innan säkra slutsatser kunna dragas. I det följande skall endast en av de undersökta faktorernas — ljusets — betydelse för föryngringen på de undersökta tallhedarna något behandlas med hänsyn till att denna faktor ansetts vara av grundläggande betydelse för trädens utveckling icke blott direkt utan även indirekt genom sitt inflytande t. ex. på markens temperatur och fuktighet och emedan denna faktor kanske varit den mest uppmärksammade i det ifrågavarande problemkomplexet (jfr t. ex. KALLIN 1926).

Dessa undersökningar påbörjades sommaren 1936 i samråd med professor HESSELMAN. Huvuddelen av undersökningarna utfördes under förf:s tjänstgöring vid skogsförsöksanstalten 1939—1940, då de ursprungliga försöken även kunde utvidgas tack vare välvilligt tillmötesgående av professor CARL MALMSTRÖM. Sedermera har anslag från Mo & Domsjö A.-B. genom skogschefen MAURITZ CARLGREN möjliggjort undersökningarnas fortsättande och komplettering. För detta understöd och intresse får jag här uttala mitt varma tack. I stor tacksamhetsskuld står jag även till jägmästare LARS TIRÉN, med vilken jag ingående diskuterat försökens uppläggning och som varit mig behjälplig med materialets bearbetning, samt till skogsmästare OSCAR HENRIKSSON, som biträtt vid fältarbetet.

## Tidigare undersökningar över ljusets betydelse för barrträdsplantor.

De undersökningar, som tidigare utförts över ljusets betydelse för barrträdsplantors utveckling, ha i stort sett varit av två olika slag, dels registreringar i mer eller mindre slutna bestånd av ljusets intensitet och kvalitet, dels mera laboratoriemässigt bedrivna försök. Genom den förra metoden kunna endast enstaka observationer utföras, som icke lämna besked om ljusets roll under längre tid eller under ändrade yttre förhållanden av olika slag på samma plats. Genom den senare metoden kan visserligen ljuset ensamt varieras, men å andra sidan ha plantorna då alltid förflyttats ur sin naturliga miljö. Allsidiga undersökningar över ljusets ekologiska betydelse måste dels ta hänsyn till ljusets kvantitet eller intensitet, dels till ljusets kvalitet. De ljusmätningar, som sedan ett 50-tal år tillbaka utförts i skog, ha mycket skiftande värde allt efter de instrument, som använts. Här skall icke lämnas någon detaljerad redogörelse för olika metoder att mäta ljuset i skog (se närmare härom t. ex. KLUGH 1927, ATKINS & POOLE 1930) utan endast i korthet nämnas några av de viktigaste undersökningarna under de senaste 50 åren.

Den förste, som ägnade ljusförhållandena i skog ett ingående studium, var WIESNER. Genom hans undersökningar (1895, 1907) erhöll man de första pålitliga värdena på den ljusintensitet, som i olika skogsbestånd kommer markvegetationen till godo. WIESNER liksom för övrigt ungefär samtidigt CIESLAR (1909) använde sig av fotokemiska metoder vid mätning av ljuset (svärtning av klorsilver i ljus). WIESNER (1907) sökte även bestämma ljusets sammansättning i slutna bestånd och kom till den slutsatsen, att ljusets kvalitet under träd-kronorna är i stort sett densamma som i det fria om icke ljuset under träden är nedsatt till mer än 1/80 av fullt dagsljus. KNUCHEL (1914) visade, att ljusets kvalitet under lövträd avviker tämligen kraftigt från sammansättningen i fullt dagsljus genom att det är mera rikt på gula och gröna strålar. Under barrträd däremot är enligt KNUCHEL ljusets kvalitet praktiskt taget densamma som i diffust dagsljus ovanför träd-kronorna. SHIRLEY (1929 *a*) framhöll, att förhållandena i direkt solljus äro något avvikande (jfr BJÖRKMAN 1942, sid. 32), men i stort sett ha alla senare forskare, t. ex. LUNDEGÅRDH (1923), kunnat bekräfta KNUCHELS resultat, att differenserna i ljusets kvalitet i slutna barrträdsbestånd och i det fria äro så små, att de sakna praktisk betydelse. Vid studier över ljusets inflytande på föryngringen i barrskog behöver man därför endast taga hänsyn till ljusets kvantitet eller intensitet, icke till dess kvalitet.

I Sverige inspirerade WIESNERS arbeten HESSELMAN till omfattande ljusundersökningar både i lövskog (1904 *b*) och barrskog (ANDERSSON & HESSELMAN 1907). Genom en serie momentana mätningar på tallhedar i Dalarna konstaterade HESSELMAN, att ljusstyrkan i slutna bestånd varierade mellan



22 och 83 % av ljuset i det fria och att denna ljuskvantitet sannolikt var fullt tillräcklig för de förekommande tallplantornas assimilationsverksamhet. Dessa slutsatser äro dock endast baserade på mätningar av ljuset vid ett enstaka tillfälle och säga ingenting om den ljusmängd, som under en längre tid kommer plantorna i beståndet till godo jämfört med den kvantitet, som tillföres plantor på öppna fläckar under samma tid (jfr PEARSON 1929).

Ett stort antal forskare ha sökt fastställa den minsta ljusmängd olika växter behöva för att kunna existera samt för normal utveckling. Redan WIESNER (1907) visade, att den minsta ljusmängd, som erfordrades för olika växters fortbestånd, varierade mellan 1 och 5 % av fullt dagsljus. BATES & ROESER (1928) funno, att plantor av olika barrträd hade sitt ljusminimum mellan 0,6 och 6,3 % av fullt dagsljus under sommaren, och GRASOVSKY (1929) fann, att bl. a. *Pinus Strobus*-, *Pinus resinosa*- och *Tsuga canadensis*-plantor överlevde under 10 månader vid en konstant ljusstyrka av omkring 3 % av fullt dagsljus. Till ungefär samma resultat kom även HAIG (1936). BURNS (1923 a) fann, att 17 % av fullt ljus var nödvändigt för ett gynnsamt förhållande mellan assimilation och andning hos *Pinus ponderosa*, och SHIRLEY (1932) påvisade, att minst denna ljusstyrka var nödvändig för tillfredsställande tillväxt av *Pinus resinosa*. BURNS visade i en annan undersökning (1923 b), att en minskning av solljuset med omkring 52 % icke förorsakade någon minskning av assimilerat CO<sub>2</sub> hos *Pinus Strobus*, och flera tidigare författare ha visat, att fotosyntesen under för övrigt likartade betingelser når sitt optimum icke vid fullt solljus utan vid betydligt reducerad ljusstyrka. STÅLFELT, som utfört omfattande ljusmätningar i skog enligt olika metoder (1921, 1924, 1935), visade emellertid (1921) genom noggranna mätningar, att assimilationsintensiteten hos unga barr av tall och t. o. m. av ett »skuggträd» som gran stiger med stigande ljusintensitet ända till direkt solljus. Om klorofyllhalten är låg, såsom visat sig vara fallet hos tall och gran, kan icke full assimilationsintensitet uppnås förrän vid fullt solljus. De äldre barren, särskilt hos granen, innehålla mera klorofyll och antaga därför mera skuggbladskaraktär. Större delen av assimilationsarbetet är sålunda trots allt av skuggbladstyp, särskilt hos granen och norrlandstallen, som har ett större antal barrbärande årsskott än sydligare tall. Stegringen av assimilationsintensiteten hos äldre barr börjar kraftigt avtaga redan vid en ljusstyrka av omkring 30 % av fullt solljus (STÅLFELT 1924). Betydelsen av den inbördes beskuggningen hos äldre plantor eller träd, som synes helt kunna ändra assimilationskurvans utseende, har även undersökts av STÅLFELT (1924) samt av BOYSEN JENSEN (1932, 1944). Experimentella undersökningar genom beskuggning av plantor i det fria ha även utförts av NIKOLSKY (ZON & GRAVES 1911, sid. 29), BADOUX (1898), BURNS (1927), m. fl.

Under senare år ha i Sverige flera experimentella undersökningar utförts

rörande barrträdsplantors utveckling vid olika ljusintensitet. Sålunda konstaterade GAST (1937), att torrsubstanshalten hos tallplantor avtog med avtagande strålningsintensitet. Substratets näringshalt har ingen betydelse för tallplantornas utveckling vid låga ljusintensiteter upp till 10 à 20 % (jfr SHIRLEY 1929 b). Vid högre ljusstyrkor visade sig särskilt tillgången på tillgängligt kväve utgöra begränsande faktor för utvecklingen. Först vid 20 % belysning utvecklas ett väl balanserat rotsystem. HESSELMAN (1939 a) sådde granfrö och följde plantornas utveckling vid olika ljusstyrkor. Efter 1 år var avgångsprocenten av plantorna uppdragna vid 6 % belysning mycket hög, i synnerhet hos plantorna i starkt kvävegödslad jord, men minskade vid ökad ljusstyrka. I likhet med flera äldre författare kunde även HESSELMAN konstatera, att alltför svagt ljus hämmar i första hand rotsystemets utveckling. Slutligen visade BJÖRKMAN (1940), att mykorrhizabildningen hos starkt beskuggade (6 %, resp. 12 % av fullt dagsljus) tall- och granplantor var mycket kraftigt nedsatt. Genom senare mera omfattande försök (BJÖRKMAN 1942) kunde bl. a. visas, att ljuset utövar stort inflytande både på plantutvecklingen och mykorrhizabildningen men i olika hög grad i olika jordar. Sålunda medförde en reduktion av ljusstyrkan från 49 % av fullt dagsljus till 12 % en mycket försämrad plantutveckling i mulljord men blott en obetydlig försämring i t. ex. mager råhumus (1 c., fig. 22—24).

### Undersökningsområdet.

Undersökningen över ljusets betydelse för föryngringen — speciellt dess höjdtillväxt — har utförts på två plana tallhedar utmed Vindelälven i Degerfors socken i Västerbotten på omkr. 150 m höjd ö. h., nämligen dels på kronoparken Åheden, c:a 10 km SO Vindeln (jfr TAMM 1920) och dels vid Lund, 6 km S Hällnäs. Försöken ha koncentrerats till dessa båda hedar, emedan de utgöra exempel på den i Norrland vanligaste typen, »normal» lavskog eller övergångstyp till »skarp» lavskog enligt TAMM (1931, 1940) eller hed av *Vaccinium*—*Cladonia*-typ enligt ENEROTH (1931).

Tallhedarna äro utbildade på älvsand med stor vattengenomsläpplighet. Markprofiltypen är järnpodsol. Blekjorden har en tjocklek av 1—3 cm på Åheden och av 2—4 cm vid Lund samt övergår utan skarp gräns i rostjorden. Själva sanden är något finkornigare på den senare lokalen än på den förra. Humusskiktet är blott 1—2 cm tjockt.

Ljusförsöken ha utförts dels på ett år 1921 upptaget c:a 2 ha stort hygge på Åheden (jfr ROMELL & MALMSTRÖM 1945), dels på ett ungefär lika stort år 1931 upptaget hygge vid Lund och dels slutligen på ett år 1940 upptaget ¼ ha stort hygge likaledes på kronoparken Åheden.

Tab. 1. Vegetationsanalys på försöksfälten å tallhedar i Degerfors socken, Västerbotten, vid försökens början. Provytor  $2 \times 2$  m.

Analysis of the vegetation on experimental plots ( $2 \times 2$  m.) in pine-heaths at Degerfors, Västerbotten, at the beginning of the experiments.

	15-årigt hygge på Åheden 15-years-old clearing			5-årigt hygge vid Lund 5-years-old clearing			Nypptaget hygge på Åheden Fresh clearing		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Arctostaphylos Uva-ursi</i> .....	—	+	1	—	—	—	—	—	+
<i>Calluna vulgaris</i> .....	3	3	3	2	3	3	2	3	3
<i>Empetrum hermaphroditum</i> .....	—	—	+	—	—	—	—	+	+
<i>Vaccinium Vitis-idaea</i> .....	2	2	3	3	2	2	2	3	2
<i>Dicranum rugosum</i> .....	—	—	+	—	—	+	—	+	1
<i>scoparium</i> .....	—	—	+	—	—	—	+	—	—
<i>Pleurozium Schreberi</i> .....	+	—	—	—	+	—	1	1	+
<i>Polytrichum juniperinum</i> .....	1	+	+	1	+	+	1	+	1
<i>pilosum</i> .....	—	+	—	—	—	—	—	—	+
<i>Cetraria islandica</i> .....	—	—	—	—	—	—	+	+	—
<i>Cladonia alpestris</i> .....	—	—	+	—	—	—	—	+	—
<i>rangiferina</i> .....	3	4	3	3	3	3	3	4	3
<i>silvatica</i> .....	3	2	3	2	2	3	3	2	3
<i>uncialis</i> .....	1	+	1	+	—	—	+	—	1
<i>Solorina crocea</i> .....	—	—	—	1	1	—	—	—	—
<i>Stereocaulon paschale</i> .....	—	—	1	2	1	1	—	—	+

Markvegetationen består huvudsakligen av renlavar samt ljung och lingonris med fläckvis förekommande mossor företrädesvis intill stubbar och lågor. En vegetationsanalys från tre  $4 \text{ m}^2$  stora provytor på vardera hygget vid resp. försöks början återges i tab. 1, där de båda första kolumnerna för varje lokal representera platser, där de nedan nämnda beskuggningsanordningarna uppställts. Markvegetationens förändringar efter beskuggningen framgår av beskrivningarna till resp. försök. Tallskogen i det slutna beståndet omkring alla hyggerna är omkring 100 år gammal och tämligen gles. Den har uppkommit genom självsådd efter eld.

I det slutna beståndet förekommer överallt en mängd undertryckta småplantor av tall, såsom förhållandet brukar vara på norrländska tallhedar. Vid försökens början (1936) hade på det då 15 år gamla hygget (fig. 1) dessa plantor vuxit upp till omkring 8 à 9 dm höjd och befunno sig i god höjdtillväxt. På det vid försökens början 5-åriga hygget vid Lund (fig. 2) däremot hade de undertryckta plantorna endast i viss omfattning reagerat för friställningen, varför plantor av olika tillväxttyp (se nedan) där funnos representerade. Genom att välja hyggen av olika ålder till försöksfält för ljusundersökningarna blev det möjligt att studera betydelsen av nedsatt ljusstyrka dels för äldre tallföryngring, som redan hunnit få relativt god höjdtillväxt, dels för förut undertryckta plantor, som nyligen utsatts för fullt solljus.

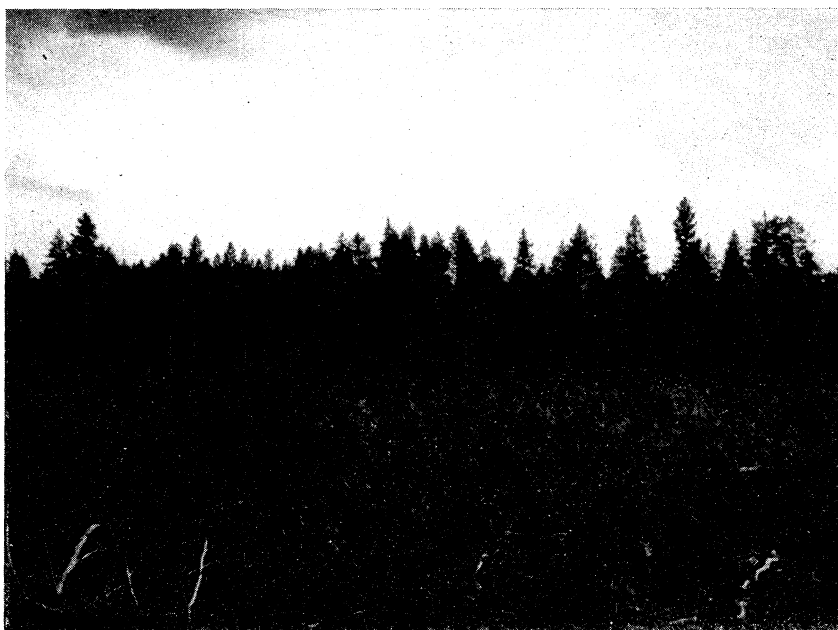


Fig. 1. 15-årigt hygge på tallhed, kronoparken Åheden, Västerbotten. Foto juli 1936.  
15-year clearing on a pine-heath, Crown Forest of Åheden, Västerbotten. Photo July 1936.

### Metodik.

**Försökens anordning.** Ljuförsöken anordnades på sådant sätt, att yngre tallar och plantor beskuggades till olika lägre ljusstyrkor. För detta ändamål användes 2 m långa, 1 m breda och  $1\frac{1}{2}$  m höga spjälburar av trä, vilka voro av i princip samma konstruktion som de tidigare av GAST (1937) och BJÖRKMAN (1942) använda mindre burarna. Spjälorna voro sålunda 1 cm breda och  $\frac{1}{2}$  cm tjocka. I taket voro de försedda med en snedlist, som från båda sidor var riktad mot takets mitt (jfr fig. 5) för att underlätta solstrålarnas in-trängande uppifrån och erbjuda minsta möjliga hinder för infallande regn. Spjälorna voro i två beskuggningsburar anbringade på 10 mm avstånd från varandra och i två burar på 4 mm avstånd, varigenom ljusstyrkan nedsattes till i medeltal resp. 50 och 25 % av ljuset i det fria, beskuggningsgrader som visat sig representera dels ett glesare, dels ett tätare bestånd på tallhedar. Två burar av vardera slaget uppställdes dels på det 15-åriga hygget på Åheden, dels på det 5-åriga hygget vid Lund och orienterades alltid i längdriktningen norr—söder för att ge så jämn ljusfördelning som möjligt (fig. 3). I ett fall blev det nödvändigt öka spjälburarnas höjd omkr.  $\frac{1}{2}$  m genom nya väggribbor i och med försöksplantornas höjdtillväxt. I ett senare försök an-



Fig. 2. 5-årigt hygge på tallhed vid Lund nära Hällnäs, Västerbotten. Foto juli 1936.  
5-year clearing on a pine-heath at Lund, near Hällnäs, Västerbotten. Photo July 1936.

vändes i stället för spjälburar ett »tak» av träribbor av samma slag som i beskuggningsburarnas tak men 2 cm breda och anbringade på 16 mm avstånd från varandra (fig. 4). Spjältaket var 64 m<sup>2</sup> stort och uppdelat i 16 stycken 4 m<sup>2</sup>:s sektioner, placerade på trästolpar på  $\frac{1}{2}$  m höjd över marken. På detta sätt nedsattes ljuset till ungefär samma styrka som i det omgivande slutna beståndet, d. v. s. omkr. 40 % av dagsljuset i det fria (fig. 5).

Då spjälkonstruktionerna icke skulle tåla belastningen av snön under vintern och dessutom försöksplantorna icke borde utsättas för onormala snöförhållanden, monterades beskuggningsburarna och beskuggningstaket ned varje höst (i november) och uppsattes åter strax efter snösmältningen vid vegetationsperiodens början (i maj).

**Ljusmätningar.** Ljusstyrkan uppmättes medelst två i lux graderade galvanometrar, varvid ljuset fick infalla på två vågrätt placerade fotoelement (enligt B. LANGE) med opalglasfilter. Fotoelement och galvanometrar kalibrerades före mätningarna. Alla mätningar för jämförelse mellan ljusstyrkan inne i beskuggningsburarna och utanför utfördes i diffust dagsljus vid jämnt mulen himmel. Beträffande metodiken för mätning av ljuset i slutna bestånd se BJÖRKMAN 1942, sid. 14 (jfr ÅBERG & RODHE 1942).



Fig. 3. Beskuggningsburar (t. v.  $\frac{1}{2}$  ljus-, t. h.  $\frac{1}{4}$  ljus-bur) uppställda på hygge vid Lund, Västerbotten. I förgrunden t. h. inrutad jämförelseyta. Foto juli 1936.  
 Lath screens (left:  $\frac{1}{2}$ -light, right:  $\frac{1}{4}$ -light) set up on a clearing at Lund, Västerbotten.  
 In right foreground, control area divided into squares. Photo July 1936.

**Försöksplantornas uppmätning.** För att få ett begrepp om plantornas utveckling under och utanför beskuggningsburarna ha försöksplantorna uppmätts vid försökens början och därefter vartannat år med avseende på höjd, toppskott och barrlängd, varjämte eventuella skador (snöskytte, talkräfta, brottskador) eller oregelbundenheter antecknats. Från vardera spjälburens båda långsidor (2 m) utlades jämförelseytor om 10 m längd, där samtliga plantor uppmättes (jfr fig. 3). Alla plantor försågos vid försökens början med ett nummer och inlades på en karta. På detta sätt kunde varje plantas utveckling följas och dessutom under försökets gång nytillkommande plantor registreras. Beträffande plantorna under beskuggningstaket jämte kontrollplantor utanför taket på hygget samt i det slutna beståndet, ha dessa endast uppmätts vid ett tillfälle, nämligen sommaren 1944.

Försöksplantornas utseende vid försökens början var mycket olika allt efter hyggets ålder. På det nyupptagna hygget (försök 3) voro plantorna hela första vegetationsperioden av samma typ som plantorna i slutet bestånd, d. v. s. undertryckta (s. k. talldvärgplantor) med mycket obetydliga toppskott och korta barr (jfr fig. 24) men ofta 20—40 år gamla. På det 5-åriga hygget vid Lund (försök 2) hade särskilt de yngre plantorna kraftigt börjat reagera



Fig. 4. »Beskuggningstak» mitt på 5-årigt hygge på tallhed, kronoparken Åheden, Västerbotten. Under »taket» är belysningen nedsatt till samma styrka som i det omgivande beståndet, nämligen c:a 40 % av dagsljuset i det fria. Foto aug. 1944.  
 »Screening roof» in the middle of a 5-year clearing on a pine-heath, Crown Forest of Åheden, Västerbotten. Under the »roof» the light is reduced to the same strength as in the surrounding stand, viz. 40 % of the daylight in the open. Photo Aug. 1944.

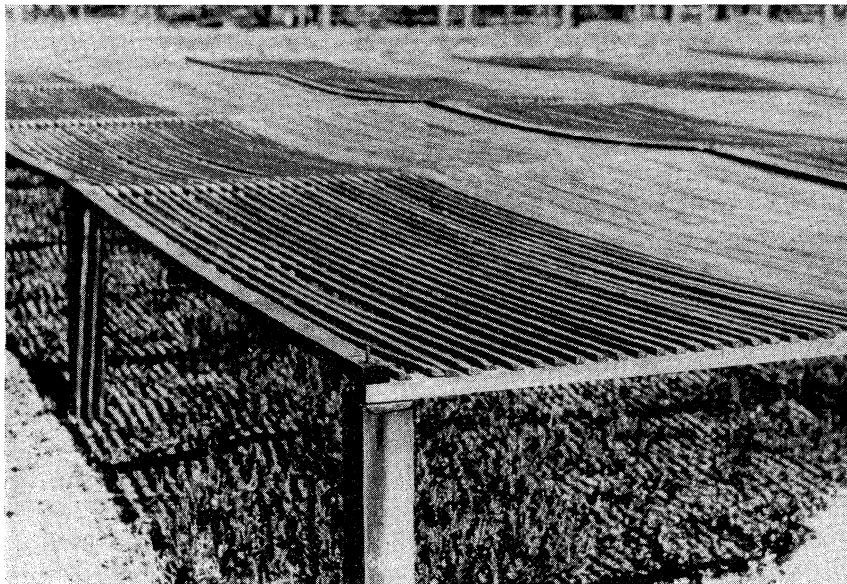


Fig. 5. Detaljbild av »beskuggningstaket» i fig. 4. Foto aug. 1944.  
 Detail of the »screening roof» in Fig. 4. Photo Aug. 1944.



Fig. 6. Olika typer av tallplantor på 5-årigt hygge på tallhed vid Lund, Västerbotten. — Upptill: 9 och 6 år gamla plantor (ålderstyp II), som kraftigt börjat reagera för kalhuggningen. Nedtill: 27 och 29 år gamla plantor (ålderstyp III), som ännu icke börjat sträcka på sig men fått kraftiga, mörkgröna barr. Foto aug. 1936.

Various types of pine plants in a 5-year clearing on a pine-heath at Lund, Västerbotten. — Above: 9- and 6-year-old plants (age type II), which have begun to show a strong reaction to the open situation. Below: 27- and 29-year-old plants (age type III), which have not yet begun to grow but have large dark-green needles. Photo Aug. 1936.

för friställningen. Äldre talldvärgplantor hade ännu ej börjat sträcka på sig i någon större utsträckning (fig. 6). På det 15-åriga hygget slutligen (försök 1) voro de flesta förekommande plantorna mycket kraftiga med långa barr och toppskott (fig. 7) men hade dock även de i ungdomen genomgått ett långvarigt dvärgplantstadium.

Med hänsyn till att plantornas höjdtillväxt och reaktionsförmåga överhuvud





Fig. 7. Tallplanter i god tillväxt av åldersgrupp III på 15-årigt hygge, kronoparken Åheden, Västerbotten. Över 6 av de närmaste av dessa planter uppsattes en beskuggningsbur, som reducerade ljusstyrkan till  $\frac{1}{4}$  av ljuset i det fria. Vid försökets slut 1944 hade endast 2 planter lyckats överleva ljusreduktionen (jfr tab. 4). Foto juli 1936.

Well-grown pine plants of age group III on a 15-year clearing in the Crown Forest of Åheden, Västerbotten. Six of the nearest of these plants were placed under a lath screen, which reduced the light strength to  $\frac{1}{4}$  of that in the open. At the conclusion of the experiment in 1944 only 2 of the plants had survived the reduction in light (cf. Tab. 4). Photo July 1936.

taget tydligt är beroende av åldern, har det ansetts lämpligt att icke skära alla planter över en kam då det gäller bedömandet av deras reaktion för förändringar i ljusstyrkan utan uppdelar dem i 3 åldersklasser:

I = 1 (grodd-) — 2-åriga planter

II = 3—10-åriga planter

III = över 10 år gamla planter

Bäst hade givetvis varit att exakt bestämma åldern på varje planta, men då försöken åtminstone delvis skola fortsättas, har detta varit omöjligt. Genom mikroskopisk åldersbestämning av ett stort antal talldvärgplanter (jfr ENEROTH 1934) har emellertid så stor erfarenhet vunnits om åldern hos planter av olika utseende, att med säkerhet icke stora fel begåtts genom att tillämpa den ovannämnda åldersgrupperingen. Att 1- och 2-åriga planter urskilts som en särskild grupp, beror på att skillnaderna i utveckling hos dessa planter under olika förhållanden i naturen vanligen äro mycket små samt att dessa planter ofta förekomma i stor mängd på hedarna men sedan spårlöst försvinna.

Grupp II innefattar både på hyggen nyinkomna och f. d. dvärgplantor, som i allmänhet börjat reagera för friställningen (fig. 6 upptill), medan grupp III omfattar äldre dvärgplantor, som klarat sig över de kritiska ungdomsåren (jfr HOLMBÄCK 1932) och reagerat för hyggesupptagningen först efter längre tid än yngre plantor (fig. 7).

Hela försöksmaterialet omfattar 2 750 uppmätta tallplantor. Vid framläggandet av detta material har framför allt höjdtillväxten använts som indikator på reaktionen vid olika beskuggning. Ofta har vid undersökningar över barrträdsplantors tillväxt den absoluta höjden använts som måttstock. Detta torde vara mera lämpligt vid jämförelse mellan olika lokaler än då det gäller att registrera förändringar i utvecklingen under en viss tid på en och samma plats. Plantornas ålder och ursprungliga höjd äro nämligen såsom förut nämnts i hög grad bestämmande för deras reaktionsförmåga under ändrade förhållanden. För att inom varje åldersgrupp eliminera variationerna i plantornas höjd vid försökens början har höjdtillväxten under olika år angivits i procent av hela höjden. Medeltalen av dessa procenttal ha därefter framlagts i diagram. För plantorna i de yngsta försöken (nr 3 och 4) har endast toppskottets längd i procent av höjden angivits. Därjämte har i detta fall även plantornas absoluta höjd anförts liksom även barrlängden, vilken är en känslig indikator för förändringar i miljön t. o. m. under samma vegetationsperiod (jfr HESSELMAN 1904 a). Av utrymmesskäl kan materialet icke framläggas i form av utförliga tabeller utan endast i form av diagram.

### Försök 1. Beskuggningsförsök å 15-årigt hygge.

Försöket anlades i juli 1936 på kronoparken Åheden och pågick t. o. m. sommaren 1944. En spjälbur, som nedsatte ljuset till c:a 50 % (i det följande kallad  $\frac{1}{2}$  ljus-buren) och en, som nedsatte ljuset till c:a 25 % (i det följande kallad  $\frac{1}{4}$  ljus-buren) uppsattes över kraftiga tallplantor av typ III (fig. 7). Samtliga plantor innanför burarna uppmättes noggrant liksom även jämförelseplantor inom en 20 m<sup>2</sup> stor provyta på vardera långsidan av varje spjälbur, såsom förut nämnts.

För att undersöka om eventuellt temperaturen eller fuktigheten under beskuggningsburarna avveko från förhållandena i det fria uppmättes maximum- och minimumtemperaturen mitt i vardera buren på 75 cm höjd över marken varje dag under juli och augusti sommaren 1938. Även temperaturen i det fria registrerades givetvis samtidigt. Alla termometrar voro så uppsatta, att de icke kunde träffas av direkt solljus. Dessutom registrerades vid några olika tillfällen luftfuktigheten under och utanför spjälburarna med en ASSMANS aspirationspsykrometer. De erhållna värdena ha sammanställts i fig. 8 och

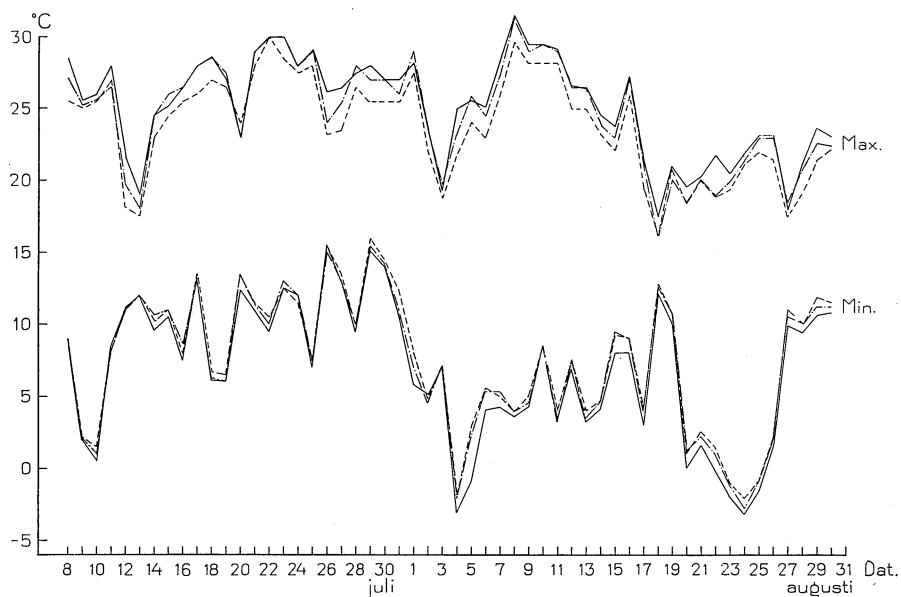


Fig. 8. Max.- och min.-temperaturer 75 cm ovan marken inne i och utanför beskuggningsburarna på kronoparken Åheden juli—aug. 1938.

Max. & min. temperatures 75 cm. above ground level inside and outside the lath screens in the Crown Forest of Åheden, July—Aug. 1938.

----- under  $\frac{1}{4}$  ljus-buren  
under  $\frac{1}{4}$  lath screen  
- - - - - under  $\frac{1}{2}$  ljus-buren  
under  $\frac{1}{2}$  lath screen  
———— i det fria  
in the open

Tab. 2. Relativ luftfuktighet vid olika tillfällen sommaren 1938 inne i och utanför beskuggningsburarna på kronoparken Åheden.

Relative humidity of the air at different dates in the summer of 1938 inside and outside the lath screens in the Crown Forest of Åheden.

Datum Date	Kl. Hour	Väderlek Weather	Luftfuktighet, % Humidity of the air in %		
			Öppet hygge Open clearing	I $\frac{1}{2}$ ljus-buren In $\frac{1}{2}$ lath screen	I $\frac{1}{4}$ ljus-buren In $\frac{1}{4}$ lath screen
16.7	16.00	Halvklart Partially overcast	53.20	54.48	55.16
30.7	15.30	Do.	49.48	52.07	53.50
18.8	15.30	Duggregn Drizzle	90.64	91.65	92.55
22.8	15.00	Mulet Cloudy	71.30	71.86	73.42
24.8	16.30	Klart Fine	39.66	42.02	43.70

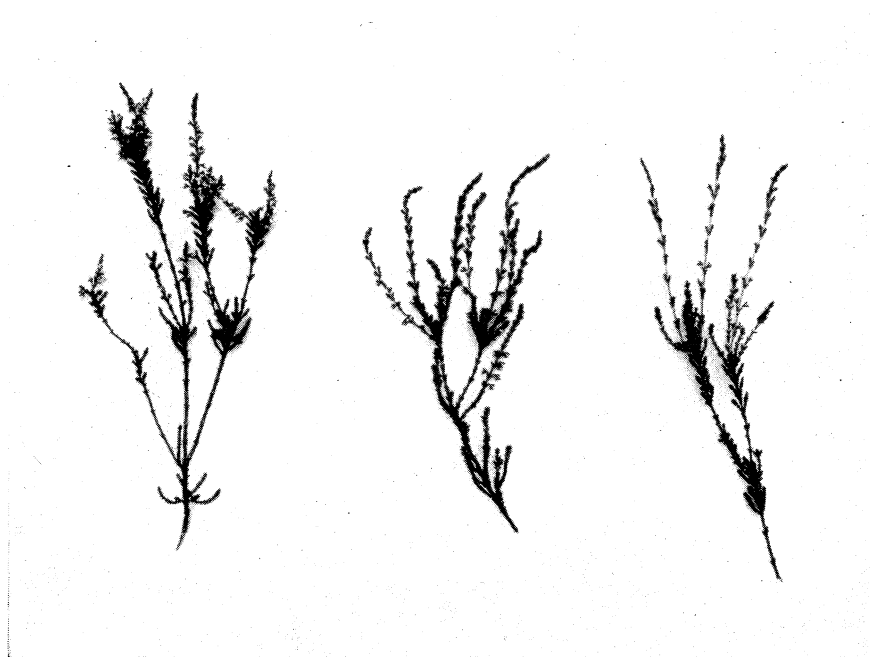


Fig. 9. Ljungkvistar från tallhed på kronoparken Åheden. T. v.: från öppet hygge, i mitten: från  $\frac{1}{2}$  ljus-buren, t. h.: från  $\frac{1}{4}$  ljus-buren. En tydlig etiolerings-effekt framträdde hos ljung i svagare ljus redan andra sommaren efter beskuggningen. Foto aug. 1937.

Heather branches from a pine-heath in the Crown Forest of Åheden. Left: from open clearing. Centre: from  $\frac{1}{2}$  lath screen. Right: from  $\frac{1}{4}$  lath screen. A distinct etiolating effect was already observable in heather in weaker light during the second summer after screening. Photo Aug. 1937.

tab. 2. Av dessa framgår, att temperaturen och luftfuktigheten i båda beskuggningsburarna endast ytterst obetydligt skilde sig från motsvarande förhållanden i det fria, varför de uppmätta differenserna knappast kunna anses så stora, att de spelade någon roll. Tack vare takspjälornas konstruktion torde icke heller någon nämnvärd skillnad beträffande vattentillförseln genom regn ha förefunnits. Plantornas reaktion under beskuggningsburarna bör således kunna uteslutande tillskrivas ljusets inflytande.

**Markvegetationen** under beskuggningsburarna undergick redan under sommaren 1937 stora förändringar, särskilt beträffande ljungens utseende. I den kraftigaste beskuggningen blevo särskilt årsskotten betydligt längre och vekare än ute på hygget. I  $\frac{1}{2}$  ljus-buren intog ljungen en mellanställning (fig. 9). Under försökets gång inträdde även en annan markant förändring, nämligen hos lingonriset, som kraftigt ökade i frekvens och vars blad blevo mycket större och mörkare än i det fria. Blad av  $13 \times 27$  mm voro sålunda

Tab. 3. Markvegetationen under och utanför beskuggningsburarna på kronoparken Åheden vid försökets slut efter 9 somrar (jfr tab. 1). Provytor  $2 \times 2$  m. Aug. 1944. The ground vegetation under and outside the lath screens in the Crown Forest of Åheden at the conclusion of the experiment after 9 summers (cf. Tab. 1). Experimental plots  $2 \times 2$  m. Aug. 1944.

	Öppet hygge Open clearing		Under $\frac{1}{2}$ ljus- buren	Under $\frac{1}{4}$ ljus- buren
			Under $\frac{1}{2}$ lath screen	Under $\frac{1}{4}$ lath screen
	I	2	I	I
<i>Arctostaphylos Uva-ursi</i> . . . . .	—	+	—	—
<i>Calluna vulgaris</i> . . . . .	3	3	3	I
<i>Vaccinium Vitis-idaea</i> . . . . .	2	2	3	4
<i>Pleurozium Schreberi</i> . . . . .	+	—	—	—
<i>Polytrichum juniperinum</i> . . . . .	I	+	+	I
<i>Cladonia rangiferina</i> . . . . .	3	4	3	2
<i>silvatica</i> . . . . .	4	3	3	2
<i>uncialis</i> . . . . .	+	—	—	—

sommaren 1944 det normala i  $\frac{1}{4}$  ljus-buren, medan bladen i det fria blott voro i medeltal  $7 \times 16$  mm. Markvegetationens sammansättning under beskuggningsburarna vid försökets slut jämfört med förhållandena på hygget framgår av tab. 3.

Tallplantornas frekvens inom och utanför beskuggningsburarna vid försökets början och slut visas i tab. 4. Såsom av denna framgår, förekom huvudsakligen plantor av åldersgrupp III, vilka icke på långt när dött i så stor utsträckning som yngre plantor (jfr HOLMBÄCK 1932). Under försöket nyinkomna plantor ha icke medtagits i tabellen. Det kan emellertid nämnas, att under försökets gång sammanlagt 183 groddplantor inkommit på den av  $\frac{1}{2}$  ljus-buren beskuggade provytan jämte jämförelseytor (tillhopa  $42 \text{ m}^2$ )

Tab. 4. Antal levande försöksplanter av olika, år 1936 urskilda, åldersgrupper per ha (absoluta antalet uppmätta plantor inom parentes) under och utanför beskuggningsburarna på kronoparken Åheden vid försökets början (juli 1936) och slut (aug. 1944).

Number of live plants of various age groups (as recorded in 1936) per hectare (the absolute number of measured plants in brackets) under and outside the lath screens in the Crown Forest of Åheden at the beginning of the experiment (July 1936) and at its conclusion (Aug. 1944).

	Provyta Plot $\text{m}^2$	Vid försökets början At beginning of experiment			Vid försökets slut At conclusion of experiment		
		I	II	III	I	II	III
På öppet hygge . . . . .	80	8 250 (66)	10 375 (83)	10 875 (87)	0	375 (3)	9 750 (78)
In open clearing							
Under $\frac{1}{2}$ ljus-buren . . .	2	50 000 (10)	35 000 (7)	45 000 (9)	0	0	45 000 (9)
Under $\frac{1}{2}$ lath screen							
Under $\frac{1}{4}$ ljus-buren . . .	2	10 000 (2)	20 000 (4)	30 000 (6)	0	0	10 000 (2)
Under $\frac{1}{4}$ lath screen							

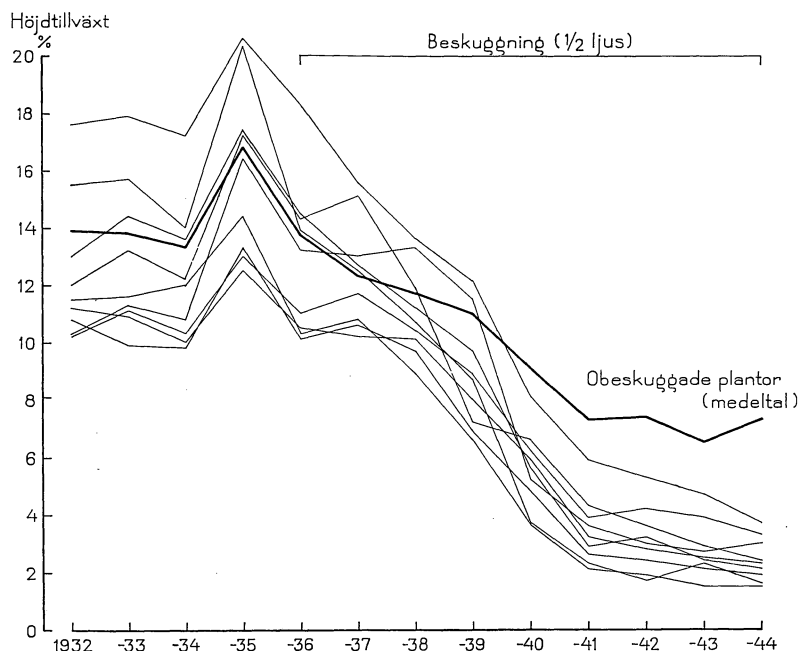


Fig. 10. Procentuell årlig tillväxt hos tallplantor (åldersgrupp III) under  $\frac{1}{2}$  ljus-buren på kronoparken Åheden. (Grova kurvan anger icke beskuggade jämförelseplantor.)

Percentage annual growth in pine plants (age group III) under  $\frac{1}{2}$  lath screen in the Crown Forest of Åheden. (The thick curve indicates unscreened control plants.)

Höjdtillväxt = height-growth. Beskuggning = screening. Obeskuggade planter (medeltal) = unscreened plants (average).

Tab. 5. Medelhöjd av försöksplantor (åldersgrupp III) under och utanför beskuggningsburarna på kronoparken Åheden vid försökets början (juli 1936).

Mean height of plants (age group III) under and outside the lath screens in the Crown Forest of Åheden at the beginning of the experiment (July 1936).

På öppet hygge.....	856 mm
In open clearing	
Under $\frac{1}{2}$ ljus-buren.....	827 »
Under $\frac{1}{2}$ lath screen	
Under $\frac{1}{4}$ ljus-buren.....	855 »
Under $\frac{1}{4}$ lath screen	

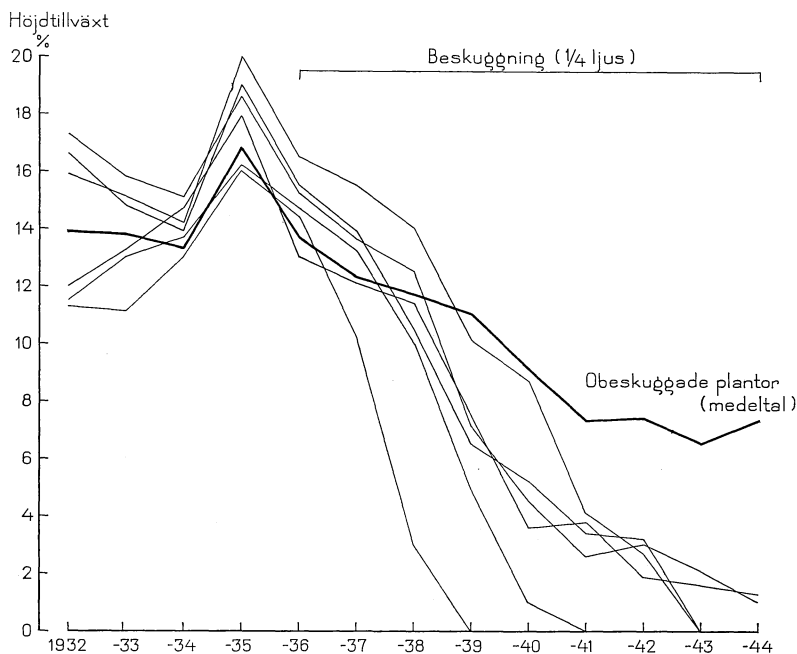


Fig. 11. Procentuell årlig tillväxt hos tallplanter (åldersgrupp III) under  $\frac{1}{4}$  ljus-buren på kronoparken Åheden. (Grova kurvan anger icke beskuggade jämförelseplanter.)

Percentage annual growth in pine plants (age group III) under  $\frac{1}{4}$  lath screen in the Crown Forest of Åheden. (The thick curve indicates unscreened control plants.)

och 147 groddplanter på den av  $\frac{1}{4}$  ljus-buren beskuggade ytan jämte kontrolltytor. Av dessa groddplanter — huvudsakligen inkomna sommaren 1940 — har dock icke mer än någon enstaka lyckats överleva mer än 2 somrar.

**Tallplantornas tillväxt** under de 9 somrar, försöket pågick åskådliggöres i tab. 5 samt fig. 10, 11 och 12.

Av fig. 10 och 12 framgår, att tallplantorna i  $\frac{1}{2}$  ljus-buren under de två första åren efter beskuggningen fortsatt sin tillväxt i ungefär samma takt som plantorna i det fria men att de därefter blivit betydligt efter i längdtillväxt. Detta är också mycket lätt att iaktta på plantorna, som under de senaste åren fått allt kortare och kortare toppskott. Inga planter ha dock efter 9 somrar gått ut på grund av ljusbrist i  $\frac{1}{2}$  ljus-buren.

I  $\frac{1}{4}$  ljus-buren ha 4 planter av allt att döma gått ut på grund av ljusreduktionen, såsom framgår av fig. 11, där kurvor för alla planter, vilkas utveckling bestämts av ljuset inlagts (jfr fig. 13—15.) Av fig. 11 och 12 framgår, att tallplantornas höjdtillväxt redan den tredje sommaren efter beskuggningen gått mycket kraftigt tillbaka.

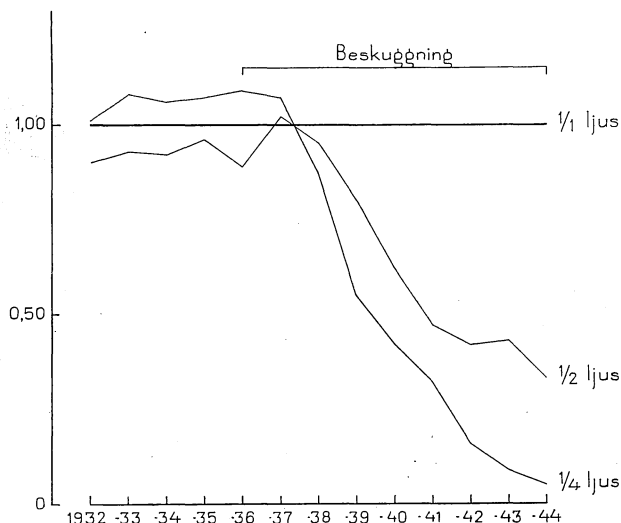


Fig. 12. Årlig höjdtillväxt i medeltal hos tallplanter (åldersgrupp III) beskuggade till  $\frac{1}{2}$ , resp.  $\frac{1}{4}$  av ljuset i det fria på kronoparken Åheden. Jämförelseplantornas årliga procentuella höjdtillväxt har givits värdet 1.

Mean annual height-growth of pine plants (age group III), screened to  $\frac{1}{2}$  and  $\frac{1}{4}$  of the light in the open, Crown Forest of Åheden. The annual percentage height-growth of the control plants has been given the value 1.

Försöket har sålunda tydligt visat, att beskuggning av kraftiga plantor till fjärdedelen av ljuset i det fria kan vara katastrofal för dessa plantors utveckling. T. o. m. en nedsättning av ljuset till hälften inverkar så småningom i hög grad tillväxthämmande liksom i BADOUX försök.

## Försök 2. Beskuggningsförsök på 5-årigt hygge.

Försöket anordnades samtidigt med det föregående i juli 1936 på ett år 1931 upptaget c:a 2 ha stort hygge vid Lund i Degerfors socken, såsom förut omtalats. Två beskuggningsburar av samma typ som i föregående försök uppsattes här över plantor, som just börjat reagera för friställningen (jfr fig. 3 och 6). Tyvärr måste försöket avbrytas redan efter sommaren 1940 på grund av militära dispositioner på hygget.

**Markvegetationens** sammansättning hade efter 4 år icke undergått några väsentliga förändringar. Ljungen hade dock något minskat i frekvens under den mörkaste buren, medan däremot lingonriset ökat på samma sätt som i det föregående försöket.



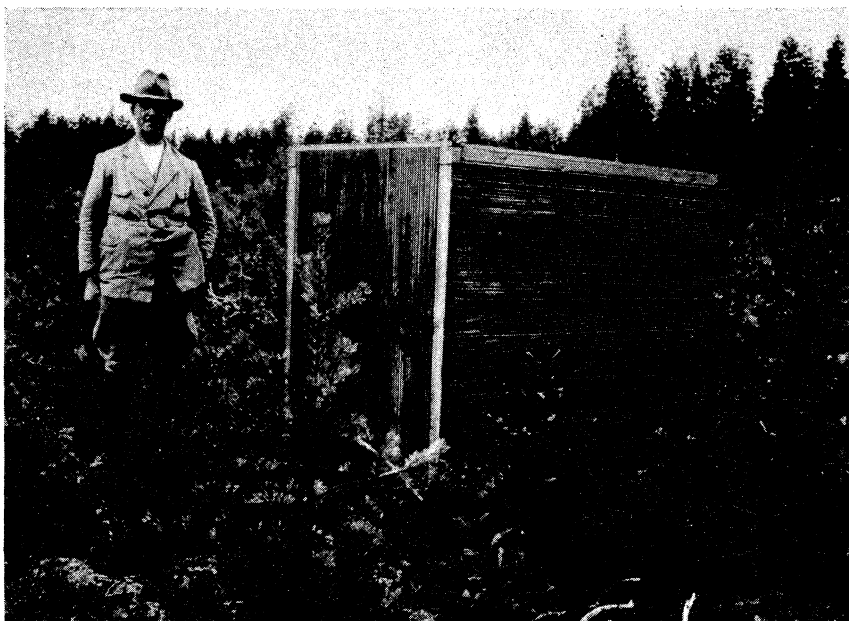


Fig. 13.  $\frac{1}{4}$  ljus-buren på kronoparken Åheden vid beskuggningsförsökets början i juli 1936.  
The  $\frac{1}{4}$  lath screen in the Crown Forest of Åheden at the beginning of the screening experiment in July 1936.



Fig. 14.  $\frac{1}{4}$  ljus-buren på kronoparken Åheden vid beskuggningsförsökets slut i aug. 1944. Bilden tagen från ungefär samma plats som fig. 13.  
The  $\frac{1}{4}$  lath screen in the Crown Forest of Åheden at the conclusion of the screening experiment in Aug. 1944. The photograph was taken at about the same locality as Fig. 13.

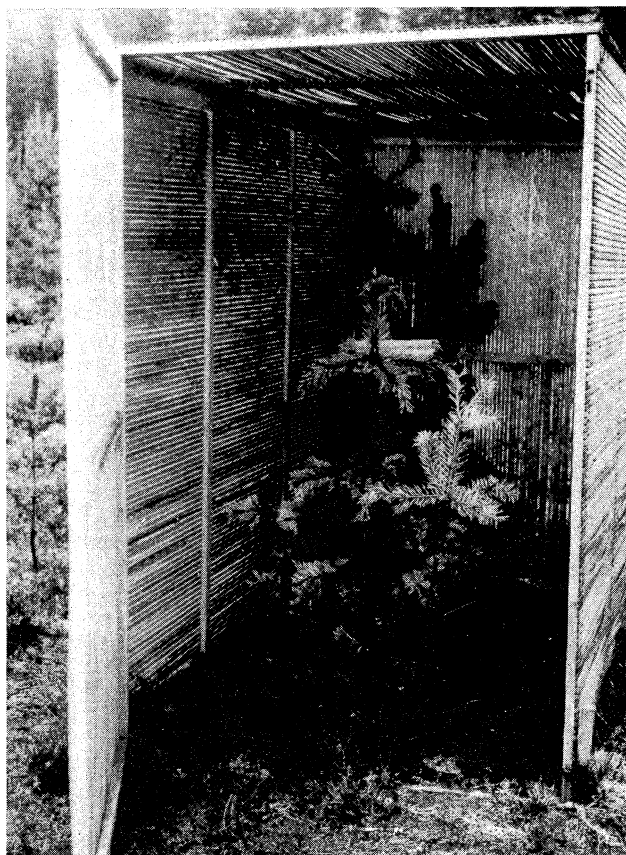


Fig. 15. Kvarvarande tallplanter under  $\frac{1}{4}$  ljus-buren på kronoparken Åheden vid försökets slut, aug. 1944. Endast 2 levande planter (i bakgrunden) återstå; de övriga ha dött på grund av ljusbrist.

Surviving pine plants under  $\frac{1}{4}$  lath screen in the Crown Forest of Åheden at the conclusion of the experiment, Aug. 1944. Only 2 live plants (in the background) remain, the others having died for lack of light.

Tallplantornas frekvens inom och utanför beskuggningsburarna vid försökets början och slut framgår av tab. 6. Antalet planter, som gått ut på grund av snöskytte, var såväl innanför som utanför burarna tämligen stort. Av intresse är att observera, att det företrädesvis varit kraftiga planter inom grupp II som duktat under för sjukdomen, medan både mycket unga och mycket gamla planter, som ännu ej reagerat för friställningen, klarat sig bättre. Utom de i tab. 6 upptagna plantorna har ett tämligen stort antal groddplanter tillkommit under försökets gång, 28 stycken sommaren 1937, 21 stycken 1938, 56 stycken 1939 och 90 stycken 1940. Dessa groddplanter lyckades dock

Tab. 6. Antal levande försöksplanter av olika, år 1936 urskilda, åldersgrupper per ha (absoluta antalet uppmätta planter inom parentes) under och utanför beskuggningsburarna vid Lund vid försökets början (juli 1936) och slut (aug. 1940).

Number of live plants of various age groups (as recorded in 1936) per hectare (the absolute number of measured plants in brackets) under and outside the lath screens at Lund at the beginning of the experiment (July 1936) and at its conclusion (Aug. 1940).

	Prov- yta Plot m <sup>2</sup>	Vid försökets början At beginning of experiment			Vid försökets slut At conclusion of experiment		
		I	II	III	I	II	III
På öppet hygge .. In open clearing	80	33 000 (264)	91 500 (732)	14 625 (117)	25 875 (207)	78 500 (628)	14 250 (114)
Under $\frac{1}{2}$ ljus-buren Under $\frac{1}{2}$ lath screen	2	50 000 (10)	155 000 (31)	45 000 (9)	35 000 (7)	125 000 (25)	45 000 (9)
Under $\frac{1}{4}$ ljus-buren Under $\frac{1}{4}$ lath screen	2	35 000 (7)	200 000 (40)	30 000 (6)	0	90 000 (18)	15 000 (3)

Tab. 7. Medelhöjd av försöksplanter (åldersgrupperna II och III) under och utanför beskuggningsburarna vid Lund vid försökets början (juli 1936).

Mean height of plants (age groups II and III) under and outside the lath screens at Lund at the beginning of the experiment (July 1936).

	II	III
På öppet hygge..... In open clearing	118 mm	276 mm
Under $\frac{1}{2}$ ljus-buren..... Under $\frac{1}{2}$ lath screen	124 »	285 »
Under $\frac{1}{4}$ ljus-buren..... Under $\frac{1}{4}$ lath screen	122 »	283 »

endast i mycket ringa utsträckning överleva det kritiska ungdomsstadiet utan gingo under sannolikt i främsta rummet på grund av den starka uttorkningen av det tunna humustäcket ute på hygget. En undersökning vid flera tillfällen av de förekommande döda groddplantorna har icke givit anledning förmoda, att insekter i detta fall ha varit orsak till plantdödligheten (jfr FORSSLUND 1944, jfr även SJÖSTRÖM 1929).

**Tallplantornas tillväxt** under de 5 vegetationsperioder försöket pågick framgår av tab. 7 och fig. 16 och 17.

Av fig. 16 framgår, att ingen som helst avtagande tendens kunde förmärkas hos plantorna i  $\frac{1}{2}$  ljus-buren (fig. 18) jämfört med plantorna i det fria (fig. 19) vid försökets slut. I stället framträdde en stegrad höjdtillväxt, vilket för

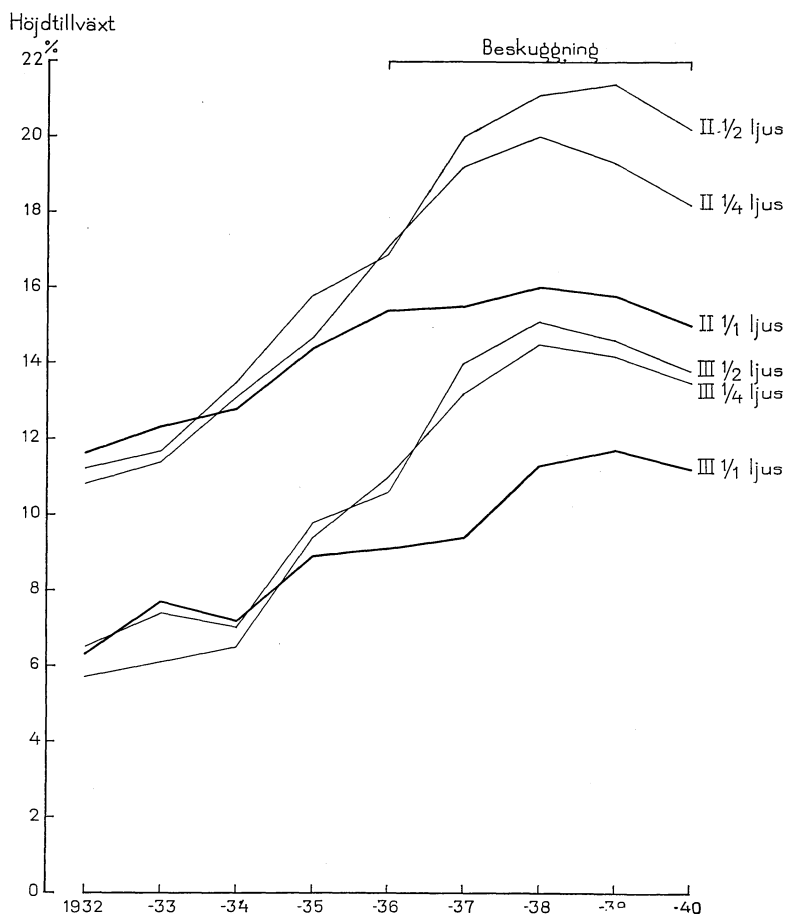


Fig. 16. Procentuell årlig tillväxt i medeltal hos tallplanter (åldersgrupperna II och III) under  $\frac{1}{2}$  ljus- och  $\frac{1}{4}$  ljus-burarna samt i det fria på kalhygge vid Lund.

Percentage annual growth of pine plants (age groups II and III) under  $\frac{1}{2}$  and  $\frac{1}{4}$  lath screens and in the open on a clearing at Lund.

Höjdtillväxt = height-growth. Beskuggning = screening.

övrigt överensstämmer med erfarenheter från tidigare försök av NIKOLSKY, BURNS, CIESLAR, m. fl.

Ikke heller i  $\frac{1}{4}$  ljus-buren kunde vid försökets slut någon minskning av höjdtillväxten förmärkas utan tvärtom en tämligen kraftig ökning jämfört med tillväxten hos planter inom samma åldersgrupp i det fria (fig. 16 och 17).

Ehuru försöket ikke kunde pågå mer än 5 somrar, har det dock visat, att en beskuggning ända ned till  $\frac{1}{4}$  av dagsljuset av små förut undertryckta planter, som just börjat sträcka på sig efter kalhuggning, eller av mycket

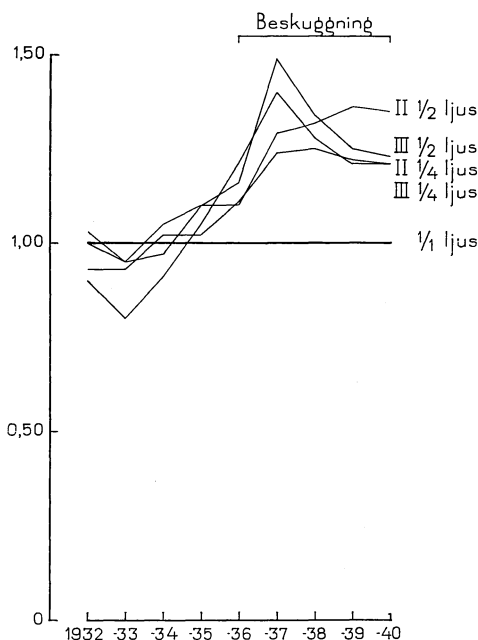


Fig. 17. Årlig höjdtillväxt i medeltal hos tallplanter (åldersgrupperna II och III) beskuggade till  $\frac{1}{2}$ , resp.  $\frac{1}{4}$  av ljuset i det fria på hygge vid Lund. Jämförelseplantornas årliga procentuella höjdtillväxt har givits värdet 1.

Mean annual height-growth of pine plants (age groups II and III), screened to  $\frac{1}{2}$  and  $\frac{1}{4}$  of the light in the open on a clearing at Lund. The annual percentage height-growth of the control plants has been given the value 1.

unga planter icke medfört något avtagande i dessa plantors skottlängd på det ifrågavarande tallhedshygget. En tydlig skillnad framträdde mellan de yngre (grupp II) och de äldre (grupp III) förut undertryckta plantorna. De förra började genomgående skjuta kraftiga årsskott tidigare än de senare.

### Försök 3. Beskuggningsförsök på nyupptaget hygge.

Då försök 2 måste avbrytas sommaren 1940, anlades samma år ett nytt försök för att belysa förut undertryckta tallplantors utveckling omedelbart efter upptagandet av ett hygge. På kronoparken Åheden ej långt ifrån skogs-försöksanstaltens provyta nr 93 upptogs sålunda ett  $50 \times 50$  m stort hygge, varefter marken beskuggades av ett  $8 \times 8$  m stort »spjältak», placerat mitt på hygget på endast  $\frac{1}{2}$  m höjd över marken för att så mycket som möjligt hindra infallande direkt solljus från sidorna (fig. 4 och 5). Genom en serie ljusmät-



Fig. 18. Kraftigt tillväxande tallplantor under  $\frac{1}{2}$  ljusburen på hygge vid Lund, aug. 1940.

Pine plants showing strong growth under the  $\frac{1}{2}$  lath screen on a clearing at Lund, Aug. 1940.

ningar såväl vid klar som vid mulen himmel konstaterades, att ljusstyrkan i det slutna beståndet var nedsatt till i medeltal 40 % av ljuset i det fria. Beskuggningstaket konstruerades därför så, att endast 40 % av dagsljuset kom de beskuggade plantorna till del. Meningen med försöket var bl. a. att undersöka, om de undertryckta plantorna under taket mitt på hygget kunde hindras att reagera för hyggets upptagande enbart på grund av ljusbrist, sedan konkurrensen från de äldre trädens sida upphört. Försöket avsåg vidare att studera, hur hastigt olika gamla plantor reagerade för friställningen på olika avstånd från hyggeskanterna. Då försöket ännu pågått alltför kort tid och är avsett att fortsätta ytterligare i flera år, är det ännu för tidigt att i detalj beskriva tallplantornas tillväxt på olika delar av hygget, t. ex. utvecklingen vid olika hyggeskanter (jfr WAHLGREN 1922, HALDEN 1926, PETRINI

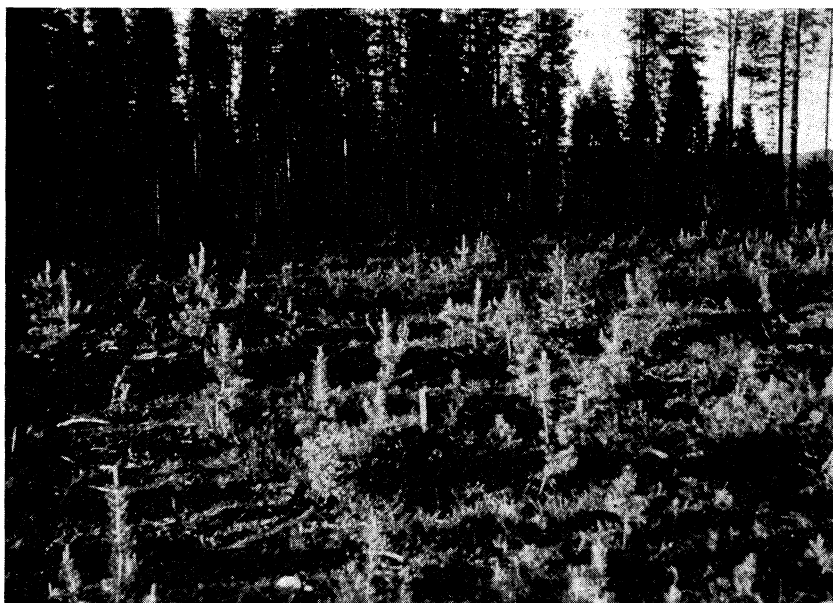


Fig. 19. Kraftigt tillväxande tallplantor (de flesta tidigare undertryckta dvärgplantor) på öppet hygge vid Lund, juni 1940 (jfr fig. 2 och 3 från juli 1936).  
Pine plants (most of them previously stunted dwarfs) showing sturdy growth in an open clearing at Lund, June 1940 (cf. Figs. 2 and 3 from July 1936).

1934). Försöket medtages dock som jämförelse till de båda föregående avslutade försöken, vilka det kan komplettera genom att åskådliggöra plantornas utveckling omedelbart efter kalhuggningen.

Markvegetationen på hygget har ännu icke i någon högre grad hunnit avvika från det slutna beståndets. Icke heller under beskuggningstaket ha några större avvikelser kunnat konstateras. Mossor synas dock vara något vanligare under »taket» än strax utanför, vilket tyder på något högre fuktighet. En vegetationsanalys i det slutna beståndet (3 provytor), på hygget strax utanför beskuggningstaket (2 provytor) samt under detta (2 provytor) återges i tab. 8.

Tallplantornas frekvens har fastställts genom räkning av samtliga plantor inom tvenne 1 ar stora provytor i det slutna beståndet samt av alla plantor under beskuggningstaket. På det fria hygget ha 2 m breda bälten uppdragits från mitten av beskuggningstakets fyra sidor in mot hyggeskanterna, varefter samtliga plantor inom dessa fyra 2×20 m stora bälten uppmätts. Bältena ha uppdelats i vardera 4 delar, så att plantorna på 0—5, 5—10, 10—15 och 15—20 m från hyggeskanterna kunnat särskiljas. Däremot ha

Tab. 8. Markvegetationen på öppet 5-årigt hygge, under »beskuggningstak» mitt på hygget samt i omgivande slutna tallbestånd på kronoparken Åheden, aug. 1944.  
Provytor  $2 \times 2$  m.

The ground vegetation on open 5-year clearing, under a »screening roof» in the middle of the clearing and in the surrounding closed pine stand in the Crown Forest of Åheden, Aug. 1944. Experimental plots  $2 \times 2$  m.

	Öppet hygge Open clearing		Öppet hygge under »be- skuggnings- tak» Open clearing under »screen- ing roof»		Slutet bestånd Closed stand		
	I	2	I	2	I	2	3
<i>Arctostaphylos Uva-ursi</i> .....	+	—	—	—	—	+	I
<i>Calluna vulgaris</i> .....	2	2	3	3	3	2	4
<i>Vaccinium Vitis-idaea</i> .....	3	2	3	2	2	3	2
<i>Dicranum rugosum</i> .....	+	—	I	+	+	—	—
<i>Pleurozium Schreberi</i> .....	—	+	I	2	+	I	2
<i>Polytrichum juniperinum</i> .....	—	+	I	I	—	—	+
<i>Cladonia alpestris</i> .....	+	—	—	—	—	—	—
<i>rangiferina</i> .....	4	3	3	3	3	3	2
<i>silvatica</i> .....	3	3	3	3	3	3	3
<i>uncialis</i> .....	+	I	+	I	+	+	+

Tab. 9. Antal levande tallplantor av olika, år 1944 urskilda, åldersgrupper per ha (absoluta antalet uppmätta plantor inom parentes) på 5-årigt öppet hygge på olika avstånd från hyggeskanten och under »beskuggningstak» mitt på hygget samt i omgivande slutna bestånd på kronoparken Åheden, aug. 1944.

Number of live plants of various age groups (as recorded in 1944) per hectare (the absolute number of measured plants in brackets) in a 5-year open clearing at different distances from the edge of the clearing and under a »screening roof» in the middle of the clearing, as well as in the surrounding closed stand, Crown Forest of Åheden, Aug. 1944.

	Provyta Plot m <sup>2</sup>	I	II	III
På öppet hygge, 0—5 m från kanterna In open clearing 0—5 m. from the edges	40	1 500 (6)	13 750 (55)	3 750 (15)
D:o 5—10 d:o.....	40	2 500 (10)	25 250 (101)	3 500 (14)
D:o 10—15 d:o.....	40	1 750 (7)	35 500 (142)	2 750 (11)
D:o 15—20 d:o.....	40	2 250 (9)	40 250 (161)	2 250 (9)
D:o under »beskuggningstak»..... Under »screening roof»	64	7 030 (45)	44 380 (284)	1 720 (11)
I slutet bestånd..... In closed stand	200	1 800 (36)	8 550 (171)	2 300 (46)



de olika hyggeskanterna som nämnts icke hållits i sär, utan samtliga plantor inom de 4 provytorna på t. ex. 5—10 m avstånd från hyggeskanterna ha sammanslagits (se tab. 9).

Av tab. 9 framgår, att groddplantor och 2 år gamla plantor (åldersgrupp I) torde vara i stort sett lika talrika inne i beståndet som ute på hygget utom under själva beskuggningstaket, där de voro mer än dubbelt så talrikt förekommande som annorstädes. Något äldre plantor (grupp II), som för övrigt redan börjat få kraftiga årsskott, voro däremot talrikare mitt ute på hygget än inom en zon 10 m från hyggeskanten eller i det slutna beståndet. Mycket gamla plantor slutligen (grupp III) torde i stort sett vara ungefär lika vanliga inom hela undersökningsområdet. Såsom förut nämnts vet man sedan gammalt, att endast mycket få av de talrika groddplantorna på tallhedar förmå överleva ungdomsstadiet; först då plantorna nått över 4 dm höjd, kan deras fortsatta existens enligt HOLMBÄCK (1932) anses tryggad. Trots att de anförda siffrorna i tab. 9 endast belysa plantfrekvensen i ett enstaka fall och därför icke få generaliseras, torde de dock tydligt visa, hur plantdödligheten i hög grad motverkas ute på ett hygge. Medan inne i det slutna beståndet endast omkr. 8 000 — och i hyggeskanterna endast omkr. 13 000 — plantor per ha finnas kvar i det kritiska ungdomsstadiet (grupp II), finnas ute på hygget i medeltal omkr. 40 000 plantor per ha tillhörande samma kategori. Försöket har ännu pågått alltför kort tid för att kunna visa, om plantorna ute på hygget också komma att fortleva över 4 dm-stadiet. Allt talar dock för närvarande för att så kommer att bli fallet.

*Tab. 10. Medelhöjd av tallplantor (åldersgrupperna II och III) på 5-årigt öppet hygge på olika avstånd från hyggeskanten och under »beskuggningstak» mitt på hygget samt i omgivande slutna bestånd inom dels orörd, dels rotisolerad provyta (försök 4) på kronoparken Åheden, aug. 1944.*

Mean height of pine plants (age groups II and III) on a 5-year open clearing at different distances from the edge and under a «screening roof» in the middle of the clearing, as well as in the surrounding closed stand within an untouched plot and within a trenched plot (Experiment 4), Crown Forest of Åheden, Aug. 1944.

	II	III
På öppet hygge, 0—5 m från kanterna..... In open clearing 0—5 m. from the edges	72 mm	180 mm
D:o 5—10 d:o.....	92 »	201 »
D:o 10—15 d:o.....	86 »	188 »
D:o 15—20 d:o.....	87 »	206 »
D:o under »beskuggningstak»..... Under «screening roof»	94 »	214 »
I slutet bestånd, obehandlad provyta..... In closed stand, untreated plot	58 »	157 »
D:o, rotisolerad provyta..... Trenched plot	89 »	232 »

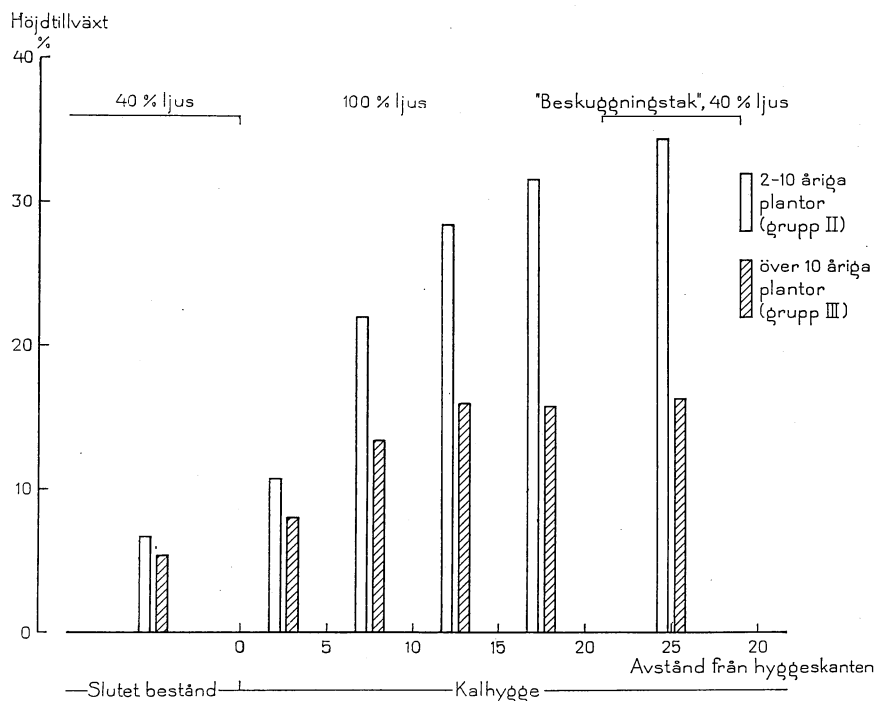


Fig. 20. Toppskottets längd i procent av plantans höjd i medeltal hos tallplantor av de år 1944 urskilda åldersgrupperna II och III på 5-årigt hygge på olika avstånd (m) från hyggeskanten och under »beskuggningstak» mitt på hygget samt i omgivande slutna bestånd, kronoparken Åheden, aug. 1944.

Average length of the top shoot as percentage of the total height in pine plants of age groups II and III, as recorded in 1944, growing on a 5-year-old clearing at varying distances (m.) from its edge and under a »screening roof» in the middle of the clearing, as well as in surrounding closed stands. The Crown Forest of Åheden, Aug. 1944.

Höjdtillväxt = height-growth. Slutet bestånd = closed stand. Kalhygge = open clearing. Avstånd från hyggeskanten = distance from the edge of the clearing. »Beskuggningstak», 40 % ljus = »screening roof», 40 % light.

Tallplantornas höjd och procentuella tillväxt sommaren 1944 framgår av tab 10 och fig. 20.

Av fig. 20 framgår, att medeltillväxten för varje planta, uttryckt såsom toppskottets längd i procent av plantans hela höjd, femte sommaren försöket pågick kraftigt ökat hos plantorna ute på hygget i förhållande till hos plantorna i hyggeskanterna eller i det slutna beståndet. Hos äldre plantor, som ännu icke i så stor utsträckning börjat reagera, var tillväxttökningsen mindre framträdande. Av största intresse är, att plantorna under beskuggningstaket, där ljusstyrkan icke utgjorde mer än 40 %



Fig. 21. 3-årig tallplanta under »beskuggningstak» (40 % ljusstyrka) på öppet hygge, kronoparken Åheden. Foto aug. 1944.

3-year-old pine plant under a »screening roof» (light-strength 40 %) on an open clearing in the Crown Forest of Åheden. Photo Aug. 1944.

av dagsljuset, icke ha visat någon som helst sämre tillväxt än plantorna på hygget i full belysning (fig. 21 och 22).

Beträffande barrlängden, som är en god indikator på plantornas utveckling, kunde icke heller någon skillnad mellan beskuggade och icke beskuggade plantor på hygget konstateras (resp. 19,7 och 18,9 mm i medeltal på toppskotten av plantor av ålderstyp II). I det slutna beståndet var barrlängden hos motsvarande plantor betydligt kortare (i medeltal 11,2 mm).



Fig. 22. 3-årig tallplanta på öppet hygge, kronoparken Åheden. Foto aug. 1944.

3-year-old pine plant in an open clearing in the Crown Forest of Åheden. Photo Aug. 1944.

#### Försök 4. Rotisoleringsförsök i slutet bestånd.

Som komplement till beskuggningsförsöken på hyggen av olika ålder anlades sommaren 1940 i anslutning till HESSELMANS liknande försök ett rotisoleringsförsök inne i det slutna tallhedsbeståndet på kronoparken Åheden intill skogsförsöksanstaltens provyta nr 93 (fig. 23). En cirkelformig yta med 1,5 m radie isolerades från omgivningen genom att två skåror på 1 dm avstånd från varandra varje vår och höst upptogs runt provytan ned till 80 cm djup med tillhjälp av en särskilt konstruerad järnbila. Beståndets stamantal per ha utgör enligt NÄSLUND (1936) 675 stycken.



Fig. 23. Slutet, omkr. 100-årigt tallbestånd (VI bonitet) på kronoparken Åheden. Ljusstyrkan i beståndet i medeltal 40 % av ljuset i det fria. Foto juli 1939.  
Closed pine stand, about 100 years old, in the Crown Forest of Åheden. Average light-strength in the stand = 40 % of that in the open. Photo July 1939.

**Markvegetationens** sammansättning i det slutna beståndet framgår av tab. 1. På den rotisolerade provytan var markvegetationen efter 5 somrar ungefär densamma som på obehandlade partier i beståndet med undantag av att mossor voro betydligt talrikare (*Dicranum rugosum* 1, *Pleurozium Schreberi* 2, *Polytrichum juniperinum* 2). Särskilt var detta fallet i provytans kanter intill och mellan de båda isoleringsskåror. Här förekommo även enstaka exemplar av *Buxbaumia aphylla*. Mossornas uppträdande inom den rotisolerade provytan tyder på högre fuktighet eller näring i marken än på obehandlade partier (jfr FRICKE 1904, HALDEN 1926, TOUMEY 1929, ROMELL 1938, ROMELL & MALMSTRÖM 1945).

**Tallplantornas** tillväxt inom den rotisolerade provytan var synnerligen påfallande i förhållande till dvärgplantornas tillväxt inom obehandlade partier. Det mest anmärkningsvärda var emellertid, att en synnerligen tydlig skillnad framträdde redan andra sommaren efter rotisoleringen. Fig. 24 visar sålunda en 17 år gammal talldvärgplanta från det obehandlade beståndet och fig. 25 en för den rotisolerade provytan typisk, sommaren 1941 foto-

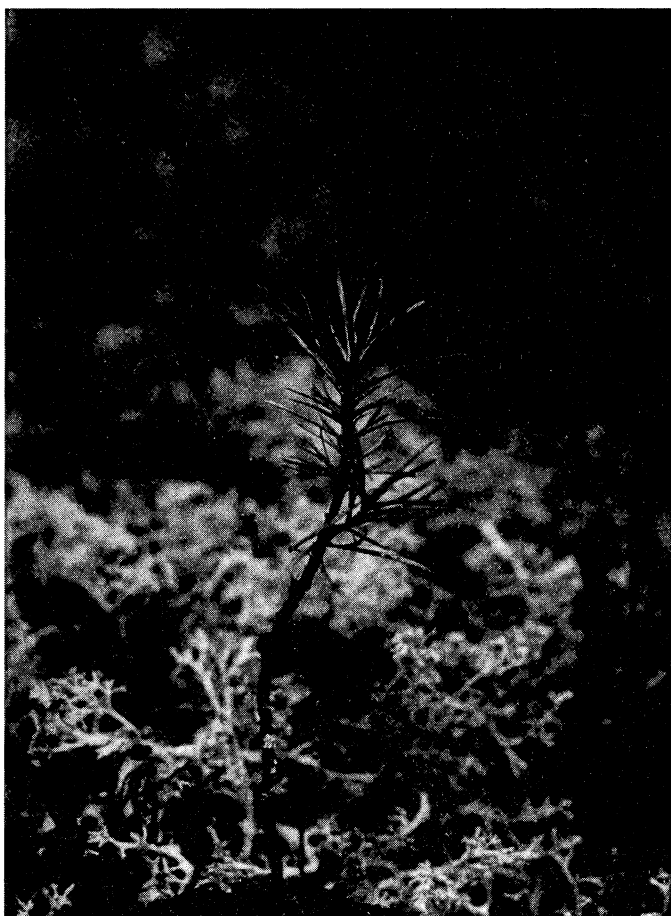


Fig. 24. 17-årig typisk undertryckt tallplanta från slutet bestånd på tallhed, kronoparken Åheden, aug. 1941. Plantans höjd 11 cm.

Typical 17-year-old stunted pine plant in a closed stand on a pine-heath in the Crown Forest of Åheden, Aug. 1941. Height of plant, 11 cm.

graferad, ungefär lika gammal planta. Barren på plantorna inom den rotisolerade provytan voro mycket längre än hos lika gamla plantor utanför densamma, och även toppskotten voro avsevärt mycket längre. Fig. 26 visar en tallplanta från den rotisolerade provytan, typisk för utvecklingen sommaren 1944. Tallplantornas höjd samt toppskottets längd i procent av hela höjden i medeltal under sommaren 1944 hos plantor innanför och utanför provytan åskådliggöres i tab. 10 och fig. 27. Barrlängden utgjorde i medeltal hos plantor av grupp II i det orörda beståndet 11,2 mm men hos plantor inom samma kategori på den rotisolerade provytan 19,7 mm.



Fig. 25. 15-årig tallplanter från rotisolerad provyta i slutet bestånd på tallhed, kronoparken Åheden, aug. 1941. Redan sommaren efter rotisoleringen inträdde en kraftig tillväxtreaktion. Plantans höjd 16 cm.

15-year-old pine plant from a trenched plot in a closed stand on a pine-heath, Crown-Forest of Åheden, Aug. 1941. As early as the summer after the root-isolation a strong growth reaction set in. Height of plant, 16 cm.

Försöket har direkt visat, dels att ett större antal groddplanter hade förmåga att leva kvar inom en rotisolerad provyta, som av allt att döma var betydligt fuktigare än omgivande mark, dels att en synnerligen kraftig tillväxt var möjlig vid den rådande reducerade ljusstyrkan i beståndet, om blott konkurrensen från de äldre träden bringades att upphöra. Försöket är icke nytt (jfr FRICKE 1904, TOUMEY 1929, MOORE 1929, FABRICIUS 1929 *b*, ROMELL & MALMSTRÖM 1945) men har stort intresse i detta sammanhang såsom en be-



Fig. 26. Typisk 20-årig tallplanta från rotisolerad provyta i slutet bestånd på tallhed, kronoparken Åheden, aug. 1944. Plantans höjd 27 cm.

Typical 20-year-old pine plant growing in a trenched plot in a closed stand on a pine-heath, Crown Forest of Åheden, Aug. 1944. Height of plant, 27 cm.

kräftelse på beskuggningsförsökens resultat. Anmärkas kan, att en lika stor provyta som den förut omtalade samtidigt som denna anlades på ett öppet hygge i det sterila bältet mellan tre kvarlämnade fröträd (jfr fig. 28). Ännu efter 5 somrar har ingen som helst reaktion hos plantorna för rotkonkurrensens upphävande kunnat märkas. Den sannolika anledningen härtill skall senare diskuteras.

### Diskussion.

Vid studium av ljusförhållandena på tallhedar finner man, att ljusstyrkan i de äldre bestånden ofta är tämligen hög på grund av att starkt sluten skog sällan utbildas på dessa ståndorter. Att ljuset dock kan ha stort inflytande



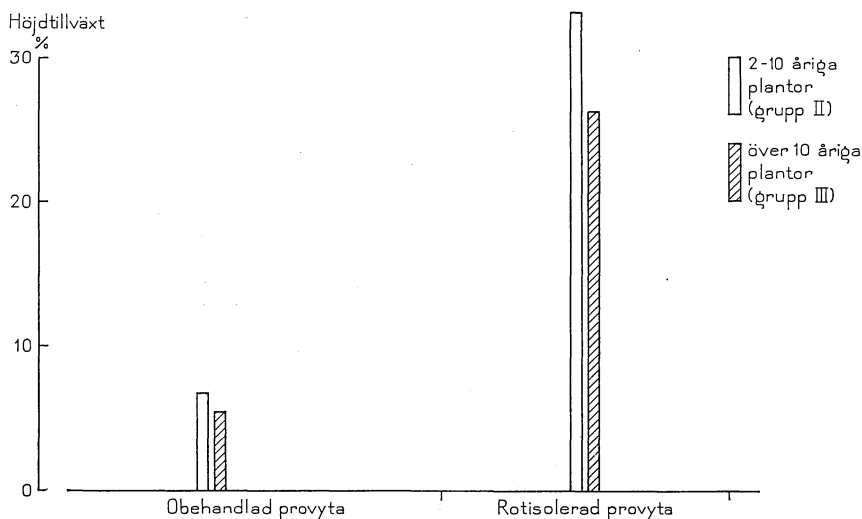


Fig. 27. Toppskottets längd i procent av plantans höjd i medeltal hos tallplantor av de år 1944 urskilda åldersgrupperna II och III, dels inom obehandlat parti, dels inom en sedan år 1940 varje år rotisolerad provyta i slutet bestånd på tallhed, kronoparken Åheden, aug. 1944.

Average length of the top shoot as percentage of the total height in pine plants of age groups II and III, as recorded in 1944, growing partly in an untreated section and partly in a trenched plot, which has been root-isolated every year since 1940, in a closed stand on a pine-heath, Crown Forest of Åheden. Aug. 1944.

Höjdtillväxt = height-growth. Obehandlad provyta = untreated plot. Rotisolerad provyta = trenched plot.

på föryngringen i dylika växtsamhällen, har emellertid antagits av olika forskare. Vad föryngringsförhållandena beträffar måste man noga skilja på gröningsbetingelserna och plantornas möjligheter att överleva det kritiska ungdomsstadiet. Såsom av flera tidigare undersökningar (t. ex. ENEROTH 1931, HOLMBÄCK 1932, TIRÉN 1934) framgått, erbjuda tallhedarna utmärkta gröningsbetingelser för tallfröet, men däremot utsättas plantorna för mycket stora risker, så att endast en bråkdel av dem fortlever. En mängd förklaringar till den dåliga plantutvecklingen i mer eller mindre slutna bestånd på tallhedar ha framlagts, men ännu kan knappast full klarhet sägas ha uppnåtts beträffande dessa frågor. Det problem som tidigast ådrog sig uppmärksamhet i detta sammanhang var emellertid just ljusets betydelse. Den mest påtagliga förändringen vid huggningar av olika slag är ju, att mera ljus släppes in i beståndet. Redan 1904 påvisade emellertid FRICKE i sin synnerligen betydelsefulla avhandling »*Licht- und Schattenholzarten*», ein wissenschaftlich nicht begründetes Dogma, att ljusets direkta inflytande vid huggningar varit betydligt överdrivet och att i stället markförhållandena — bland vilka han och andra särskilt ha tänkt på fuktigheten — var den avgörande faktorn. Dessa problem ha sedan i flera decennier varit föremål för en mängd undersökningar



Fig. 28. 15 år gammalt hygge med kvarlämnade fröträd, vilka på grund av rotkonkurrens undertrycka förekommande tallplantor. Trädens skugga har ingen skuld till den undertryckta föryngringen. Rosinedalsheden, Degerfors, Västerbotten. Foto juli 1940.

15-year-old clearing with seed trees left on it which, owing to root competition, are suppressing the growth of existing pine plants. The shade provided by the trees is not responsible for the suppressing of re-growth. Rosinedal, Degerfors, Västerbotten. Photo July 1940.

(se t. ex. FABRICIUS 1929 b, TOUMEY 1929, TOUMEY & KORSTIAN 1937, ROMELL 1938) och blivit livligt debatterade i praktisk skogsskötsel (se t. ex. WIEDEMANN 1926, AALTONEN 1934).

De nu utförda experimentella undersökningarna ha givit resultat, som i förstaste te sig rent motsäggande. Små undertryckta tallplantor på färskta hyggen fingo lika långa toppskott vid beskuggning till halvt eller fjärdedels ljus som vid full belysning eller t. o. m. längre, men äldre tallplantor i god utveckling på ett äldre hygge minskade tydligt sin höjdtillväxt, om ljuset skuggades ned till hälften, och i  $\frac{1}{4}$  ljus dogo de efter några år. En sådan skillnad mellan späda tallplantor och äldre, växtligare, är även förut känd (jfr ZON & GRAVES 1911 och BOYSEN JENSEN 1932, där frågan utförligt behandlas). Skottlängdsökningen vid viss beskuggning är icke något uttryck för bättre trivsel, och de faktiska skottlängderna måste bero dels på växtens förmåga att bilda assimilater, dels på ljusets formativa verkan. Men sannolikt inverka också näringsförhållandena i marken i hög grad på resultatet. Dessa äro nämligen som bekant mycket olika i slutna bestånd och på hyggen samt på hyggen av olika ålder.

I alla de undersökningar, som under de senaste decennierna utförts över ljusets betydelse i skogen, har kunnat konstateras, att ljusets betydelse står i intimt beroende av markens beskaffenhet (se särskilt TOUMEY & KORSTIAN 1937). Vid diskussion av dessa frågor är det nödvändigt att bringa i åtanke de lagar, som uppställts rörande produktionens beroende av olika faktorer. Enligt den s. k. minimilagen bestämmes produktionen av den faktor, som för tillfället verkar begränsande på tillväxten, befinner sig »i minimum». Denna lag har emellertid sedermera modifierats och ersatts av en optimumlag, produktlag, relativlag eller lag om »vikarierande faktorer» (LIEBSCHER 1895, BAULE 1917, ROMELL 1926, TOUMEY & KORSTIAN 1937), enligt vilken också en nödvändig faktor inom vissa gränser kan »vikariera» för en annan. Bl. a. kan enligt LUNDEGÅRDH (1921) en hög klorofyllhalt ersätta en brist i belysningen. Ett gott marktillstånd bör i viss mån kunna kompensera en svag ljusstyrka, såsom också framgår av HESSELMANS (1939a) och GASTS (1937) undersökningar. Tallplantor bli inom vissa gränser kraftigare på en näringsrik mark än på en tallhed vid en och samma svaga ljusstyrka. Men faktorerna kunna vikariera blott inom bestämda gränser, och på en tallhed kan en ökad ljusmängd icke, eller endast ytterst obetydligt ersätta en brist på vatten eller näring i marken. Liknande erfarenheter ha framkommit bl. a. i AALTONENS omfattande undersökningar (1919, 1923, 1926) samt av de försök, som utförts av förf. (BJÖRKMAN 1942) med odling av unga tall- och granplantor, dels i mycket näringsrik mull, dels i mycket näringsfattig jord vid samma fuktighet men vid olika ljusstyrkor. Det visade sig i dessa försök, att plantorna — i synnerhet granplantorna — i den magra jorden endast obetydligt ökade i torrsvikt vid starkare ljus, medan plantorna i mullen visade stora skillnader vid olika ljusstyrkor (l. c., fig. 24). Man kan därför icke, såsom stundom sker, säga, att trädens »ljusbehov» är större på mager mark än på rik mark. Vid direkt jämförelse mellan dessa båda markslag finner man visserligen, att plantorna vid en viss låg ljusstyrka absolut sett bli mindre på den magra marken än på den goda, men om man i stället ser saken relativt och jämför plantornas utveckling på vardera markslaget, finner man såsom förut nämnts, att även om ljuset ökas maximalt på den magra jorden produktionen icke avsevärt ökar, d. v. s. plantornas behov av ljus för att nå optimal utveckling icke är särskilt stort. Däremot kan plantornas behov av ljus på en rik mark sägas vara stort, emedan markens rika näringsförråd möjliggör utnyttjandet av en stor ljusmängd, så att mycket kraftiga plantor kunna utbildas.

Från denna synpunkt sett kan man alltså a priori vänta sig, att ljuset på de magra tallhedarna icke kan vara av så stor betydelse för plantornas tillväxt ens i slutna bestånd. De utförda experimentella undersökningarna, som enbart avse ljusets betydelse för föryngringens tillväxt, ha också till fullo bekräftat detta. Den kraftiga reaktionen hos småplantorna på nyupptagna

hyggen på tallhedar har sålunda visat sig icke vara beroende av det ökade ljuset — samma kraftiga reaktion kan inställa sig på en rotisolerad provyta i ett slutet bestånd, såsom även FRICKE, TOUMEY m. fl. funnit. Den för planttillväxten avgörande faktorn är i stället utan tvivel den s. k. rotkonkurrensen, som yttrar sig i en konkurrens om näringsämnen och vatten från de äldre trädens rötter. På de magra marker, varom här är fråga, är denna rotkonkurrens t. o. m. så utpräglad, att enstaka kvarlämnade fröträd kunna hindra talldvärgplantorna att utvecklas inom mycket stora områden (jfr fig. 28). WRETLIND (1931), som ingående studerat dessa problem, uppger t. o. m., att 25 fröträd per ha kan vara tillräckligt för att hindra plantorna från att tillväxa normalt. I hyggeskanter gör sig konkurrensen från de äldre trädens rötter ofta gällande omkr. 10 m ut på hygget, såsom framgår av tab. 9 (jfr PETRINI 1934, sid. 251). Det ur förnygringssynpunkt olämpliga i att upptaga alltför små hyggen eller luckor i beståndet på magra marker liksom att låta fröträd stå kvar alltför länge framgår härav omedelbart (jfr AALTONEN 1923). På det ovan beskrivna hygget om 2 500 m<sup>2</sup> få sålunda endast 900 m<sup>2</sup>, d. v. s. omkr.  $\frac{1}{3}$  av hygget uppkommande växtlig förnygring. Ju större hygget göres, desto större areal blir procentuellt sett utnyttjad för effektiv återväxt. När omgivande bestånd en gång avverkas, är det ingalunda säkert, att de undertryckta plantorna inom det sterila bältet utanför hyggeskanten börja sträcka på sig. Visserligen upphäves rotkonkurrensen från de äldre träden, men icke all rotkonkurrens från träd, såsom då ett kalhygge tas upp i ett förut slutet bestånd, och resultatet kan tänkas bli olika bl. a. också därför att marken har genomlupit en utveckling i viss mån påminnande om den s. k. heddegenerationen, d. v. s. blivit mer eller mindre utbrunnen och utsugen på en gång (jfr ROMELL & MALMSTRÖM 1945). Förklaringen kan vara liknande till att de undertryckta tallplantorna inom en rotisolerad provyta mellan tre försöksträd mitt ute på ett hygge icke ens 5 år efter rotkonkurrensens upphävande reagerat i sin tillväxt medan detta skett redan första sommaren efter en motsvarande samtidig rotisolering i slutet bestånd på samma mark. Om fröträd lämnas kvar alltför länge på ett hygge och ny ungskog hunnit uppkomma, försvinna som bekant icke sterilzonerna omkring stubbarna efter trädens avverkning, varigenom resultatet — om fröträden varit många — blir ett luckigt, ojämnt bestånd (jfr OLOFSSON 1941).

Av största betydelse är utan tvivel rotkonkurrensen, som på de torra och magra hedarna kan bli synnerligen utpräglad och medföra praktiska problem med vittgående konsekvenser (jfr AALTONEN 1934). Om rotkonkurrensen gäller i främsta rummet vatten, vilket torde vara den allmännaste uppfattningen, eller om den också är ett uttryck för en kamp om det på hedarna sparsamt förekommande lösliga kvävet eller andra näringsämnen (jfr TAMM 1940, sid. 210—212), kan ännu icke sägas vara fullt avgjort. Problemet är

synnerligen svårlöst, då vattenfaktorn och näringsfaktorn alltid samspela i naturen och någon skarp skillnad knappast ens teoretiskt finnes mellan dessa produktionsfaktorer. Frågan om rotkonkurrensen har under senare år tagits upp till ingående undersökning i granskog av ROMELL (1938), som förut (1934, 1935) har tolkat hela råhumusbildningen såsom väsentligen ett uttryck för rotkonkurrens i vidaste mening. På tallhedar ha även såsom förut nämnts vissa experimentella undersökningar igångsatts av förf., som anordnat bevattning med humusfattigt grundvatten inom och utanför konkurrenszoner och även tillfört olika gödningsämnen, dels med samtidig tillsats av stora mängder vatten, dels utan vattenbegjutning. Det är emellertid ännu för tidigt att framlägga några resultat av dessa försök.

Effekten av gallringar på de kvarvarande trädens tillväxt har icke särskilt studerats i detta sammanhang, men det ligger dock nära till hands att misstänka, att även den — i synnerhet på tallhedar — bör tillskrivas icke huvudsakligen en ökad ljusstillsförsel utan framför allt en minskad rotkonkurrens. På grund av de äldre trädens större och livskraftigare rotsystem, som hos tallen enligt vad utförda undersökningar visat (LAIKAKARI 1927) huvudsakligen utbreder sig horisontellt på endast några få cm djup, kunna dessa helt lägga beslag på det lediga utrymmet (jfr WRETILIND 1931), vilket bl. a. torde vara den viktigaste förklaringen till att de förekommande undertryckta småplantorna på dylika magra marker icke i någon högre grad påverkas genom en utglesning av bestånden.

### Sammanfattning.

Föryngringsproblemet på de norrländska tallhedarna gäller som bekant i allmänhet icke brist på plantor utan svårigheten för de förekommande plantorna att överleva det kritiska ungdomsstadiet och tillväxa i höjd. Förf. har sedan flera år bedrivit experimentella undersökningar på olika norrländska tallhedar för att söka klarlägga vilka faktorer, som äro av den största betydelsen i detta sammanhang. Den föreliggande uppsatsen avser dock endast att redogöra för ett antal försök rörande betydelsen av ljuset, som länge ansetts och på många håll ännu anses spela en mycket stor roll för återväxten på magra marker.

Ljusstyrkan varierades i de utförda försöken genom beskuggning medelst specialkonstruerade träribbor på olika avstånd från varandra, dels sammanfogade till »beskuggningsburar» (fig. 3, 13, 14, 15, 18, tab. 2), som reducerade ljusstyrkan till resp. 50 och 25 % av ljuset i det fria, dels i form av ett »beskuggningstak» (fig. 4, 5), som nedsatte ljusstyrkan till omkr. 40 % av dagsljuset. Dessa ljusintensiteter kunna anses representera ljusstyrkor i tallhedsbestånd av mycket vanliga slutenhetsgrader (fig. 4, 23). Försöken ha anordnats på plana hedar av i Norrland synnerligen vanlig typ (fig. 23).

Avsikten med försöken var att studera ljusets inflytande isolerat från andra faktorer dels på olika gamla tallplantor som redan befunno sig i god tillväxt på ett 15-årigt hygge (fig. 1, 7, tab. 5), dels på tidigare undertryckta tallplantor,

som just börjat reagera för friställningen, på ett 5-årigt hygge (fig. 2, 3, 6). Det förra försöket pågick under 9 somrar, det senare i 5. Dessutom utfördes försök med beskuggning genom det förut nämnda  $8 \times 8$  m stora »beskuggningstaket» av plantor mitt på ett nyupptaget  $50 \times 50$  m stort kalhygge till samma ljusstyrka, som var rådande i det omgivande slutna beståndet, nämligen 40 % av ljuset i det fria (fig. 4, 5). Detta försök har likaledes pågått i 5 somrar. Markvegetationens sammansättning på de olika provytorna framgår av tab. 1, 3 och 8 samt fig. 9.

Beskuggningen av äldre, växtliga tallplantor visade, att en nedsättning av ljusstyrkan till fjärdedelen av dagsljuset medförde plantornas successiva avdöende (försök 1; fig. 11, 12, 15, tab. 4). T. o. m. en beskuggning endast till hälften av ljuset i det fria medförde en alltmåra försämrad tillväxt jämfört med tillväxten hos plantor på fritt fält (fig. 10).

En beskuggning på ett 5-årigt hygge av tallplantor, som varit starkt undertryckta men just börjat reagera för friställningen (försök 2; fig. 6, tab. 7), hade dock ingen tillväxthämmande effekt ens vid en reduktion av ljuset till  $\frac{1}{4}$  av ljuset i det fria. Tvärtom framträdde en tydlig etioleringseffekt hos de beskuggade plantorna — vilka i detta fall kunna jämföras med plantor under skärm — i det att de fingo en bättre höjdtillväxt än motsvarande plantor i fullt dagsljus (fig. 16—19, tab. 6). Detsamma var förhållandet beträffande plantorna vid 40 % ljusstyrka på det nyupptagna hygget (försök 3; fig. 4, 5, 20—22, tab. 9, 10). Denna företeelse erinrar om att yngre tallar med långa toppskott i förening med gracil stamform bruka uppväxa i den halvskugga, som härskar i blandbestånd av tall, gran och björk, vilka pläga producera tallvirke av god kvalitet.

Inom en rotisolerad provyta i det omgivande slutna beståndet (försök 4; fig. 23) utvecklades de förut undertryckta plantorna synnerligen kraftigt och på samma sätt som plantorna ute på hygget redan sommaren efter rotisoleringen trots att ljusstyrkan uppgick blott till omkr. 40 % av ljuset i det fria (fig. 24—27). Å andra sidan inträdde icke ens efter 5 somrar någon nämnvärd tillväxtreaktion på en samtidigt rotisolerad provyta i en konkurrenszon mellan tre sedan länge kvarlämnade fröträd på ett öppet hygge, där humustäcket under en lång följd av år varit utsatt för direkt insolation.

Effekten av tallhedarnas kallläggning på plantornas tillväxt kan i första hand tillskrivas icke en ökad ljustillförsel utan en minskad rotkonkurrens. Då på torra och magra marker äldre träd i större eller mindre utsträckning kvarlämnas vid avverkningen på sätt som sker t. ex. vid fröträdsställning eller luckhuggning, kunna deras rötter snabbt lägga beslag på det lediga utrymmet (fig. 28), och häri har man säkerligen att söka den huvudsakliga förklaringen till att de i dessa träds närhet förekommande, undertryckta småplantornas utveckling icke i högre grad påverkas trots det genom den kraftiga utglesningen starkt ökade ljustillflödet.

## ANFÖRD LITTERATUR.

- AALTONEN, V. T., 1919. Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im Finnischen Lappland. — Medd. Forstvetenskapliga försöksanstalten, 1.
- , 1923. Über die räumliche Ordnung der Pflanzen auf dem Felde und im Walde. — Acta forest. fenn., 25.
- , 1926. On the space arrangement of trees and root competition. — Journ. of Forestry, 24.
- , 1934. Die Entwicklung des Waldbestandes und die Wachstumsfaktoren. — Acta forest. fenn., 140.
- ANDERSSON, G. & HESSELMAN, H., 1907. Vegetation och flora i Hamra kronopark. — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 4.
- ATKINS, W. R. G. & POOLE, H. H., 1930. Photo-electric measurements of illumination in relation to plant distribution. IV. Changes in the colour composition of daylight in the open and in shaded situations. — Sci. Proc. Royal Dublin Soc. New ser., 20.
- BADOUX, H., 1898. Lichtversuche mit Deckgittern. — Mitteil. d. schweiz. Centralanst. f. d. forst. Versuchswesen, 6.
- BATES, C. G. & ROESER, J., 1928. Light intensities required for growth of coniferous seedlings. — Amer. Journ. of Bot., 15.
- BAULE, B., 1918. Zu Mitscherlichs Gesetz der physiologischen Beziehungen. — Landw. Jahrb., 51.
- BJÖRKMAN, E., 1940. Om mykorrhizas utbildning hos tall- och granplantor, odlade i näringsrika jordar vid olika kvävetillförsel och ljusstillgång. (Mycorrhiza in pine and spruce seedlings grown under varied radiation intensities in rich soils with or without nitrate added). — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 32.
- , Über die Bedingungen der Mykorrhizabildung bei Kiefer und Fichte. (On the conditions for the formation of mycorrhiza in pine and spruce). — Symb. Bot. Ups., VI: 2.
- BOYSEN JENSEN, P., 1932. Die Stoffproduktion der Pflanzen. — Jena.
- , 1944. Plantefysiologi. — Köpenhamn.
- BURNS, G. P., 1923 a. Studies in tolerance of New England forest trees. IV. Minimum light requirement referred to a definite standard. — Vermont Agr. Exp. Station Bull., 235.
- , 1923 b. Measurement of solar radiant energy in plant habitats. — Ecology, 4.
- , 1927. Studies in tolerance of New England forest trees. VII. Leaf efficiency in thrifty and stunted white pine seedlings. — Vermont Agr. Exp. Station Bull., 267.
- CIESLAR, A., 1909. Licht- und Schattenholzarten. Lichtgenuss und Bodenfeuchtigkeit. — Centralbl. f. d. ges. Forstwesen, 35.
- ENEROTH, O., 1931. Om skogstyper och föryngringsförhållanden inom Lappmarken I. — Norrl. Skogsv.-förb. tidskr.
- , 1934. Om skogstyper och föryngringsförhållanden inom Lappmarken II. — Norrl. Skogsv.-förb. tidskr.
- FABRICIUS, L., 1929 a. Neuere Versuchsergebnisse zur Frage des Wurzelwettbewerbs und der Schattenfestigkeit der Holzarten. — Intern. Congr. Forestry Exp. Station Proc. Stockholm.
- , 1929 b. Forstliche Versuche VII. Neue Versuche zur Feststellung des Einflusses von Wurzelwettbewerb und Lichtentzug des Schirmstandes auf den Jungwuchs. — Forstwiss. Centralbl., 51.
- FORSSLUND, K.-H., 1944. Något om djurlivets inverkan på barrskogens naturliga föryngring. — Sv. Skogsvårdsf. tidskr.
- FRICKE, K., 1904. »Licht- und Schattenholzarten», ein wissenschaftlich nicht begründetes Dogma. — Centralbl. f. d. ges. Forstwesen, 30.
- GAST, P. R., 1937. Studies on the development of conifers in raw humus III. The growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in pot cultures of different soils under varied radiation intensities. — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 29.
- GRASOVSKY, A., 1929. Some aspects of light in the forest. — Yale Univ. School of Forestry Bull., 23.
- HAIG, I. T., 1936. Factors controlling initial establishment of Western white pine and associated species. — Yale Univ. School of Forestry Bull., 41.

- HALDEN, B., 1926. Studier över skogsbeståndens inverkan på markfuktighetens fördelning hos skilda jordarter. — Sv. Skogsvårdsf. tidskr.
- HESELMAN, H., 1904 a. Om tallens höjdtillväxt och skottbildning sommarne 1900—1903. (Über den Höhenzuwachs und die Sprossbildung der Kiefer in den Sommern 1900—1903). — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 1.
- , 1904 b. Zur Kenntnis des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen. — Mitt. a. d. Bot. Inst. d. Univ. z. Stockholm.
- , 1910. Studier över de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor I. (Studien über die Verjüngungsbedingungen der norrländischen Kiefernheiden I). — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 7.
- , 1917. Studier över de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor II. (Studien über die Verjüngungsbedingungen der norrländischen Kiefernheiden II). — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 13—14.
- , 1939 a. Granens föryngringssvårigheter på örtrik mark och dess orsaker. — Bot. Notiser.
- , 1939 b. Redogörelse för verksamheten vid Statens skogsförsöksanstalt under tiden 1932—31/10 1937 jämte förslag till arbetsuppgifter under den kommande femårsperioden. III. Naturvetenskapliga avdelningen. — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 32.
- HOLMBÄCK, B., 1932. Föryngringsmöjligheterna i Norrbottens lappmarker. — Norrl. Skogsv.-förb. tidskr.
- KALLIN, K. E., 1926. Föryngringsstudier i Norrlands skogar. — Utg. av Norrlands Skogsvårdsförbund. Stockholm.
- KLUGH, A. B., 1927. A comparison of certain methods of measuring light for ecological purposes. — Ecology, 8.
- KNUCHEL, H., 1914. Spektrophotometrische Untersuchungen im Walde. — Mitteil. d. schweiz. Centralanst. f. d. forst. Versuchswesen, 11.
- LAITAKARI, E., 1927. The root system of pine (*Pinus silvestris*). A morphological investigation. — Acta forest. fenn., 33.
- LIEBSCHER, 1895. Untersuchungen über die Bestimmung des Düngerbedürfnisses der Ackerböden und Kulturpflanzen. — Journ. f. Lantw.
- LUNDEGÅRDH, H., 1921. Ecological studies in the assimilation of certain forest-plants and shore-plants. — Sv. bot. tidskr., 15.
- , 1923. Pflanzenökologische Lichtmessungen. — Biol. Zentralbl., 43.
- MOORE, B., 1929. Root competition versus light under forests. — Ecology, 10.
- NÄSLUND, M., 1936. Skogsförsöksanstaltens gallringsförsök i tallskog. Primärbearbetning. — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 29.
- OLOFSSON, N. M., 1941. Några erfarenheter från föryngringsarbetet å äldre, degenererade hyggestrakter i Övre Norrland. — Sv. Skogsvårdsf. tidskr.
- PEARSON, G. A., 1929. The other side of the light question. — Journ. of Forestry, 27.
- PETRINI, S., 1934. Ett 25-årigt försök med naturföryngring i norrländsk råhumusgran-skog. (Ein 25-jähriger Versuch mit natürlicher Verjüngung in norrländischem Rohhumusfichtenwald). — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 27.
- ROMELL, L.-G., 1926. Über das Zusammenwirken der Produktionsfaktoren. — Jahrb. f. wiss. Bot., 65.
- , 1934. En biologisk teori för mårbildning och måraktivering. — Stockholm.
- , 1935. Ecological problems of the humus layer in the forest. — Cornell Univ. Agr. Exp. Station Memoir, 170.
- , 1938. Markreaktionen efter gallringar och dess orsaker. (The soil reaction following thinning and its mechanism). — Norrl. Skogsv.-förb. tidskr.
- & MALMSTRÖM, C., 1945. HENRIK HESSELMANS tallhedsförsök åren 1922—42. — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 34.
- SHIRLEY, H. L., 1929 a. Light requirements and silvicultural practice. — Journ. of Forestry, 27.
- , 1929 b. Influence of light intensity and light quality upon the growth of plants. — Contributions fr. Boyce Thompson Institute f. plant res., 2.
- , 1932. Light intensity in relation to plant growth in a virgin Norway pine forest. — Journ. of Agric. res., 44.
- SJÖSTRÖM, H., 1929. Något om tallen samt dess produktion och föryngring å hedarna inom norra Dalarnas sandstens- och porfyrområde. (Something about the pine-tree and its production and reproduction in the sandstone and porphyry area of northern Dalecarlia). — Sv. Skogsvårdsf. tidskr.



- STÄLFELT, M. G., 1921. Till kännedomen om förhållandet mellan solbladens och skuggbladens kolhydratsproduktion. (Zur Kenntnis der Kohlenhydratproduktion von Sonnen- und Schattenblättern.) — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 18.
- , 1924. Tallens och granens kolsyreassimilation och dess ekologiska betingelser. (Untersuchungen zur Ökologie der Kohlensäureassimilation der Nadelbäume). — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 21.
- , 1935. Der Einfluss der Durchforstung auf die Funktion der Nadeln und auf die Ausbildung der Baumkrone bei der Fichte. (Gallringens inverkan på barrfunktion och kronbildning hos granen). — Sv. Skogsvårdsf. tidskr.
- TAMM, O., 1920. Markstudier i det nordsvenska barrskogsområdet. (Bodenstudien in der nordschwedischen Nadelwaldregion). — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 17.
- , 1931. Studier över jordmånstyper och deras förhållande till markens hydrologi i nordsvenska skogsterränger. (Studien über Bodentypen und ihre Beziehungen zu den hydrologischen Verhältnissen in nordschwedischen Waldterrains). — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 26.
- , 1940. Den nordsvenska skogsmarken. — Utg. av Norrlands Skogsvårdsförbund. Stockholm.
- TIRÉN, L., 1934. Några iakttagelser över den naturliga föryngringens uppkomst på Kulbäckslidens försökspark. (Einige Beobachtungen über die Entstehung der natürlichen Verjüngung in dem Versuchswald Kulbäcksliden). — Sv. Skogsvårdsf. tidskr.
- TOUMEY, J. W., 1929. The vegetation of the forest floor; light versus soil moisture. — Proc. Intern. Congr. of plant sciences, 1.
- & KORSTIAN, C. F., 1937. Foundations of silviculture upon an ecological basis. — New York.
- WIEDEMANN, E., 1925. Die praktische Erfolge des Kieferndauerwaldes. — Braunschweig.
- WIESNER, J., 1895. Untersuchungen über den Lichtgenuss der Pflanzen mit Rücksicht auf die Vegetation von Wien, Cairo und Brütenorg (Java). — Sitzungsber. d. Kaiserl. Akad. d. Wiss., Wien, 104.
- , 1907. Der Lichtgenuss der Pflanzen. — Leipzig.
- WRETLIND, J. E., 1931. Bidrag till belysande av de norrländska tallhedsproblemen. — Norrl. Skogsv.-förb. tidskr.
- , 1934. Bidrag till belysande av föryngringsbetingelserna på övre Norrlands tallhedsmarker. — Norrl. Skogsv.-förb. tidskr.
- ZON, R. & GRAVES, H., 1911. Light in relation to tree growth. — U. S. Depart. of Agr. Forest Serv. Bull., 92.
- ÅBERG, B. & RODHE, W., 1942. Über die Milieufaktoren in einigen südschwedischen Seen. — Symb. Bot. Ups., V: 3.

## Summary.

### On the Influence of Light on the Height-growth of Pine Plants on Pine-heaths in Norrland.

The problem of obtaining natural reproduction in the pine-heaths of Norrland is not, generally speaking, a question of any lack of seedlings, but of the difficulty experienced by existing seedlings in surviving the critical stage of early life and starting a sufficiently rapid growth. This difficulty presents a complex problem, and considerable work has been spent on it. The scope of the present paper is merely to give an account of a number of experiments to ascertain the importance of light, which has long been, and still is in some quarters, considered to have a very important bearing on the problem of naturally reproducing the forest on poor soils.

The light was varied by using lath screens either joined together to form »screening boxes» (Figs. 3, 13, 14, 15, 18, Tab. 2), or in the form of a »screening roof» (Figs. 4, 5). The boxes reduced the light to 50 and 25 %, respectively, of that in the open. The roof reduced it to about 40 % of full light. These values are believed to represent intensities commonly recurring in pine-heaths (Figs. 4, 23). The experiments were carried out on flat heaths of a type particularly common in Norrland (Fig. 23).

The object of the experiments was to study the influence of light, isolated from other factors, a) on pine plants of different ages which already showed good growth in a 15-year-old clearing (Figs. 1, 7, Tab. 5), and b) on previously stunted pine plants which had just begun to react to the open position in a 5-year clearing (Figs. 2, 3, 6). The former experiment was conducted for 9 summers, the latter for 5. In addition, experiments were carried out with the screening, by means of the above-mentioned 8 × 8 m. »screening roof», of plants in the middle of a new clearing 50 × 50 m., reducing the light-strength to its value in the surrounding closed stand, viz. to 40 % of the value in the open (Figs. 4, 5). This experiment proceeded for 5 summers. The composition of the ground vegetation on the different experimental plots will be seen from Tables 1, 3 and 8, and also from Fig. 9.

The screening of older, well-grown pine plants showed that reducing the light-strength to one-quarter full light caused the gradual death of the plants (Experiment 1, Figs. 11, 12, 15, Tab. 4). Even screening to only half full light caused an increasing deterioration in the growth compared with that of plants growing in open ground (Fig. 10). The result is similar to that obtained by BADOUX (1898).

However, the screening on a 5-year clearing of pine plants which had been strongly suppressed but had just begun to react to the open situation (Experiment 2, Fig. 6, Tab. 7) did not have a hampering effect on the growth, not even when the light was reduced to  $\frac{1}{4}$  of that in the open. On the contrary, the screened plants — which in this case may be compared with plants under the shadow of other trees — exhibited distinct etiolation, since they grew higher than corresponding plants growing in full daylight (Figs. 16—19, Tab. 6). The same applies to the plants

growing in 40 % light in the new clearing (Experiment 3, Figs. 4, 5, 20—22, Tab. 9 and 10). This phenomenon recalls the fact that pines with long top shoots combined with slender trunks are generally found growing in the half-shade prevailing in mixed stands of pine, spruce and birch, which usually produce good-quality timber. A similar effect was seen in shading experiments with Scots pine by NIKOLSKY (ZON and GRAVES 1911, p. 29) and with white pine by BURNS (1927).

In a trenched plot in the surrounding closed stand (Experiment 4, Fig. 23) the formerly stunted plants showed a very strong development, similar to that of the plants growing out on the clearing, even during the summer following the isolation of the roots, in spite of the fact that the light-strength was only about 40 % of that in the open (Figs. 24—27). On the other hand, not even after 5 summers was there any appreciable growth-reaction on a simultaneously trenched plot in a competitive zone between three seed trees left standing long before in an open clearing.

The effect of clear cutting of the pine-heaths on the growth of the plants is primarily ascribable not to an increased supply of light but to reduced root-competition. When smaller openings are taken up in the stand or when older trees are left as seed trees on dry and poor soil roots may rapidly take up all available space (Fig. 28), and this no doubt chiefly explains why the growth of the stunted plants growing in the neighbourhood of the trees is not appreciably affected, despite the greatly enhanced supply of light due to extensive thinning out of the trees.

---